

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

**OPERACIONALIDADE E SIGNIFICAÇÃO DO
INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA - IETA**

NEIF SALIM NETO

Florianópolis, março de 2006.

NEIF SALIM NETO

**OPERACIONALIDADE E SIGNIFICAÇÃO DO INDICADOR
DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA - IETA**

Dissertação apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Mestre em
Agroecossistemas, Programa de Pós-
Graduação em Agroecossistemas, Centro de
Ciências Agrárias, Universidade Federal de
Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Renato D'Agostini

FLORIANÓPOLIS
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

SALIM NETO, N.

Operacionalidade e Significação do Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA

/Neif Salim Neto – Florianópolis, 2006. 79 f.

Orientador: Luiz Renato D'Agostini

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) –
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Agrárias.

Bibliografia: f. 47-48

1. indicador de efetividade. 2. desempenho
ambiental. 3. tratamento de água. 4. saneamento.

TERMO DE APROVAÇÃO

NEIF SALIM NETO

OPERACIONALIDADE E SIGNIFICAÇÃO DO INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA - IETA

Dissertação aprovada em 31 /03 /2006, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, pela seguinte banca examinadora.

Prof. Dr. Luiz Renato D'Agostini
Orientador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro
Machado Filho
CCA-UFSC

Prof. Dr. Sérgio Augusto
Ferreira de Quadros
CCA-UFSC

Prof. Dr. Gilson Arimura Arima
SANESUL-UCDB

Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares
PPGEA-UFSC

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro
Machado Filho
coordenador PPGAGR

Florianópolis, 31 de março de 2006.

DEDICATÓRIA

Ao Beto, pelo incentivo de um pai.

A minha mãe, por estar aqui.

Ao kalil, por sua tranqüilidade e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

Talvez um dia eu tenha pensado em andar sozinho, não depender de ninguém, como se fosse possível... Talvez aqui, além de tantos outros aprendizados eu tenha percebido a importância de cada pessoa que está ao meu lado...Talvez isso seja interdisciplinaridade...Então, eu só posso agradecer e continuar...

Com certeza devo agradecer a muitas pessoas, fundamentais nos meus vinte e sete anos de viver. Mas, certamente nesses últimos dois anos tive um mestre, e a ele dedico o primeiro e maior OBRIGADO!

Ao professor Luiz Renato D'Agostini pelo exemplo de viver, pela excelente orientação, amizade e paciência, que me conduziram a esta dissertação.

A minha mãe, sempre! Ao Beto pela parceria de “brother”, um pai.

Ao Kalil, meu irmão, por me agüentar.

Ao meu avô, pela força do nome. A vó Alice pelo carinho eterno.

Ao Dante, pelas lições de vida. A Baia, por muitas outras.

Ao Moura Valle, pela ajuda em cada texto mal escrito por mim e tão atenciosamente corrigido por ti.

A Piti, minha namorada, pelo seu amor.

A Dedé, minha orientadora, pra sempre.

A todos os meus amigos, por tê-los encontrado; de forma especial ao Fabio, Gabira, Testa e Cabeção. Aprendi muito com vocês.

Ao Julio, meu padrinho.

Ao Caco, professor e amigo que tão bem me recebeu em Florianópolis.

Ao NUMAVAM, a sala da justiça! Obrigado ao Sandro pela atenção e seriedade. Ao Fantini, pelo incentivo.

Ao professor Rick que tão mal me recebeu.

Ao Jairo, pelo apoio logístico no início dessa pesquisa.

Aos professores e professoras do Agroecossistemas, de cada um levo um pouco do melhor.

A todos os meus colegas de Mestrado. Em especial ao Rudinei, companheiro de pesquisa. Ao Charle e ao Matheus que na reta final dividiram comigo preocupações e alegrias, além do mate.

Aos novos amigos que fiz em Floripa. Pelos bons momentos que compartilhamos. Valeu Henrique, Cabelo, Tico, Foca, Calil, Carica e Buiú. Ao Murilo, companheiro de boas viagens e muitas "trocas de idéias". As nossas viagens, que todas se realizem.

Aos professores de Yoga, Camila e Pedro, namastê!

Ao Victor pelas aulas de Agrofloresta.

Aos funcionários da CASAN, pela atenção.

A CAPES, pela bolsa durante seis meses.

Ao professor César Augusto Costa, por ter me apresentado a esse maravilhoso caminho do Agroecossistemas.

Aos membros da banca, pelos ajustes necessários.

A ÁGUA

“Flui a água, flébil, flexuosa, em seu eterno fluxo, aflita por chegar ao final do seu curso”. A água flui, a água lava, a leve água leva para longe as impurezas de nossa vida breve. Fluida flecha frágil, avança entanto, impávida; lépida atinge o alvo, expande toda em dádivas... Tange a água, tange o tempo a aguilhada da pressa. O tempo nunca retorna, a água sempre regressa...”
(D.P.C.)

A PEDRA

O distraído nela tropeçou...
O bruto a usou como projétil.
O empreendedor, usando-a, construiu.
O camponês, cansado da vida, dela fez assento.
Para meninos, foi brinquedo.
Drummond a poetizou.
Já David matou Golias e Michelangelo extraiu-lhe a mais bela escultura...
E em todos esses casos, a diferença não esteve na pedra, mas sim no homem!
Não existe *pedra* no seu caminho que não possa ser aproveitada para o seu próprio crescimento. (Autor desconhecido)

As ciências participam da construção da sociedade de amanhã, com
todas as suas contradições e suas incertezas (Prigogine).

Desculpa se tudo isso é uma coisa óbvia; mas para muitos, que tu
conheces; ainda não é; mostra-lhes, pois, estas linhas. (Mario Quintana)

SUMÁRIO

SEÇÃO 1	3
1.1 INTRODUÇÃO	3
1.2 INSTITUCIONALIZAÇÃO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	6
1.3 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS	8
1.4 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DO SANEAMENTO	10
1.5 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DE MEIO AMBIENTE	11
1.6 DE UM OLHAR ORIENTADOR À ORIENTAÇÃO PARA UM OUTRO OLHAR	13
1.7 OBJETIVOS.....	15
SEÇÃO 2	16
2.1 POSSIBILIDADES EM UM NOVO OLHAR	16
2.2 A PROPOSTA DO NOVO INDICADOR.....	19
2.3 O INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA – IETA.	20
2.4 SITUAÇÕES QUE JUSTIFICAM O IETA.....	21
2.5 O ALGORITMO QUE PRODUZ O IETA	24
SEÇÃO 3	27
3.1 METODOLOGIA	27
3.1.1 Primeira etapa: Contato com os gestores	27
3.1.2 Segunda etapa: Levantamento de dados.....	28
3.1.3 Terceira etapa: Aplicação do IETA.....	28
3.1.4 Quarta etapa: Comparativo da efetividade.....	31
3.1.5 Quinta etapa: Experimental.....	32
SEÇÃO 4	37
4.1 ETAPAS EXPERIMENTAIS COMPLEMENTARES	37
4.2 A ACEITAÇÃO DE UM NOVO OLHAR.....	40
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES.....	42
4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
ANEXO 1	50
ANEXO 2	57
ANEXO 3	58
ANEXO 4	66

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 2.1. Legenda orientadora à compreensão das situações em que apontam a utilidade do IETA.....	22
Figura 2.2. Representação das diferentes qualidades da água.....	23
Figura 2.3. Representação das diferentes quantidades de água.....	23
Figura 2.4. Representação da irregularidade na qualidade da água.....	23
Figura 2.5. Representação da irregularidade na quantidade de água.....	23
Figura 2.6. Representação da irregularidade na qualidade (Q) e quantidade (V) de água.....	24
Figura 2.7. Representação da irregularidade na qualidade (Q) e quantidade (V) de água.....	24
Tabela 3.1. IETA referente ao período de sete dias do mês de julho de 2003.....	33
Tabela 3.2. Níveis e notas correspondentes a cada variável referentes ao dia 1 de julho de 2003.....	34
Tabela 3.3. Ponderação da qualidade da água na entrada (Q_E) pelo volume de entrada (V_E).....	36
Tabela 3.4. Ponderação da qualidade da água na saída (Q_S) pelo volume de saída (V_S).....	36
Figura 4.1. Curva desenvolvida para a variável Cor.....	38
Figura 4.2. Curva desenvolvida para a variável Alcalinidade.....	39
Gráfico 4.3. IETA semanal para o ano de 2003 e 2005.....	43

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Equação fundamental que produz o IETA.....	24
Equação 2. Equação do aspecto regularidade (R).....	25
Equação 3. Equação da Regularidade de quantidade de água (R_V).....	25
Equação 4. Equação da Regularidade de qualidade de água (R_Q).....	25
Equação 5. Equação utilizada para atribuir uma nota (Q) para a qualidade da água.....	29

OPERACIONALIDADE E SIGNIFICAÇÃO DO INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA - IETA

Neif Salim Neto¹
Luiz Renato D'Agostini²

RESUMO

A questão da disponibilidade de água às mais diferentes necessidades humanas tem-se revelado com importância crescente. As ações humanas para garantir essa disponibilidade, por sua vez, têm-se concentrado em avaliar as condições e quantidades de águas disponíveis em diferentes contextos ou ao desenvolvimento de métodos de depuração de águas. Disponibilidade não remete tanto a quantidades de água com elevado grau de pureza, quanto remete a regularidade no suprimento de água com qualidade e quantidade suficientes. Com esse entendimento, foi desenvolvido o Indicador da Efetividade de Tratamento de Água (IETA). – Um indicador do desempenho ambiental no gerenciamento de tratamentos de água. Com o intuito de avaliar a aplicabilidade desse indicador, e o seu significado ao olhar de distintos interessados, dados fornecidos pela Companhia Catarinense de Saneamento - CASAN foram processados para obtenção do IETA ao longo de 12 meses do ano de 2003 e de 3 meses do ano de 2005. Seja em seu operar ou em relação à impressão que o IETA causou aos gestores e acadêmicos entrevistados e voltados à questão da disponibilidade de água, o IETA revela-se uma promissora ferramenta para o gerenciamento de sistemas de tratamento de águas.

Palavras chave: Indicador de efetividade, tratamento de água, saneamento, desempenho ambiental.

¹ Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestrando em Agroecossistemas – CCA/UFSC

² Professor Orientador – CCA/UFSC

THE OPERATIONALIZATION AND MEANING OF THE WATER TREATMENT EFFECTIVENESS INDICATOR - IETA

Neif Salim Neto ¹
Luiz Renato D'Ágostini ²

ABSTRACT

The availability of water for every human need is becoming a question of increasing importance. The human actions taken to ensure water availability need usually focus either on evaluating the conditions and quantity of available water in different contexts or the development of water depuration methods. The availability does not refer so much to the quantity of water with a high degree of purity as it does to the regularity of water supply in sufficient quality and quantity. This understanding led to the development of the Water Treatment Effectiveness Indicator (IETA) - an indicator of the environmental performance of the water treatment management. With the purpose of assessing the applicability of this indicator and its significance in the eye of distinct interested, data furnished by Companhia Catarinense de Saneamento - CASAN were processed in order to obtain the IETA throughout 12 months of 2003 and 3 months of 2005. Both in its operation and with regard to the impression IETA caused on managers and academic dedicated to the availability of water, the IETA has proven a promising tool for the management of water treatment systems.

Key words: effectiveness indicator, water treatment, sanitation, environmental indicator

¹ Engineer sanitation and environment, Graduate student Agroecosystems

² Adviser – CCA/UFSC

SEÇÃO 1

1.1 INTRODUÇÃO

O contexto de indisponibilidade de água vivido pelos seres humanos na Terra, um planeta com volume de água doce que se aproxima de 35 milhões de km³, conforme estudos realizados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 1997), tem levado à necessidade de uma reflexão sobre a noção comum de disponibilidade de água. Certamente que no intuito de avaliar e discutir a questão da disponibilidade de água, os estudos da ONU estimam uma média mundial de 7.055 m³/hab.ano. Em relação a essa média, o Brasil é um país privilegiado, pois dispõe de um volume médio anual de 8.130 km³, o que representa um potencial de disponibilidade *per capita* de 50 mil m³/hab.ano.

Embora em grande quantidade, a água no Brasil normalmente está longe da maior parte dos centros urbanos, o que dificulta dela dispor-se. Conforme publicado em BNDES (1996), estudos realizados pelo Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) apontam que a bacia amazônica concentra 72% do potencial hídrico nacional. Além disso, como apontam os resultados de pesquisas realizadas pelo IBGE (2004), as condições de saneamento básico são precárias, sendo que, na Região Norte, apenas 44,3% da população é atendida pela rede de distribuição de água e 2,4% da população é atendida por rede de esgoto. Na Região Sudeste, a economicamente mais rica do país, o abastecimento de água alcança 70,5% da população e a rede de esgoto apenas 53%, o que está muito longe do desejável.

Não se pode deixar de constatar que a humanidade é hoje já bastante urbanizada e em processo de urbanização crescente. Conforme aponta MELLO (1996) e de acordo com o relatório do World Resources Institute de 1996/97 sobre o meio ambiente urbano, aproximadamente 3,3 bilhões de pessoas estão residindo nas cidades e, em 2025, dois terços da população será urbana. Atualmente, apesar dos fortes argumentos de VEIGA (2004) de que o Brasil é um país essencialmente rural, 80% de sua população vive em

núcleos urbanos e uma parcela considerável em regiões metropolitanas. Consoante com essas estatísticas, o IBGE (2004) aponta que, entre 1989 e 2000, o volume total de água distribuída por dia no Brasil cresceu 57,9%. Em 1989, dos 27,8 milhões de m³ de água distribuídos diariamente, 3,9% não eram tratados. Em 2000, a proporção de água não tratada quase dobrou, passando a representar 7,2% do volume total (43,9 milhões de m³ por dia).

Como atenuante, importa considerar que a ausência de abastecimento de água potável e coleta de esgotos sanitários são as principais causas das altas taxas de doenças intestinais e outras. Conforme salienta LOBO (2003), 65% das internações hospitalares resultam da inadequação dos serviços e ações de saneamento, sendo a diarreia responsável, anualmente, por aproximadamente 50 mil mortes de crianças no Brasil.

Tanto devido à lógica utilitarista quanto em função de um processo de urbanização não planejada, o baixo padrão de desempenho ambiental dominante nos centros urbanos está sendo reproduzido, resultando em agente multiplicador da degradação ambiental. Dentre os principais problemas do comprometimento ambiental, oriundos do *custo entrópico*³ de um modo de viver em concentrações urbanas, está a dificuldade em se poder sustentar um suficiente suprimento de recursos hídricos às mais diversas demandas. Assim, ainda que a quantidade de água numa mesma região seja praticamente uma constante, os usos intensificados fazem com que a renovação pelo ciclo hidrológico se revele insuficiente.

Mesmo as águas subterrâneas, mais protegidas da poluição, podem ser seriamente comprometidas, dependendo principalmente da qualidade da gestão das terras e dos próprios recursos hídricos na região. Sua recuperação é mais lenta, além da existência de substâncias poluentes que não se degradam e causam, assim, a poluição cumulativa das águas. É importante apontar que atualmente vários distritos são abastecidos com água subterrânea, como nos estados do Pará (89%) e Rio Grande do Sul (75%).

³ Custo entrópico é aqui assumido como uma referência à redução de possibilidades implicada na baixa qualidade de relações homem-meio.

A questão que emerge das considerações feitas até aqui e que inspira a realização desse trabalho está diretamente relacionada ao suprimento de água. Mais especificamente, nesse estudo o interesse está voltado à possibilidade de avaliar o desempenho humano em recompor características desejáveis à água. Seja essa recomposição para atender demandas específicas ou para garantir características mais compatíveis com relações dependentes de águas que voltam para o meio na forma de efluentes.

A operação de Estações de Tratamento de Água (ETAs) e Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) dependem de vários fatores inerentes ao seu projeto e da existência de pessoal devidamente qualificado. De outra forma não se poderá garantir um contínuo suprimento de água potável ou uma suficiente recomposição de características da água presente em efluentes. Como a qualidade e a quantidade de água disponível para tratar e a quantidade efetivamente tratada variam durante o ano e mesmo durante o dia, é comum os gestores de sistemas de tratamento de água assumirem que a otimização do processo de tratamento será conseguida exclusivamente pela execução de ensaios em instalações piloto, ou em equipamentos de bancada que reproduzem as condições observadas nas unidades que compõem a estação. Negligenciam, assim, outras possibilidades relevantes na avaliação do desempenho ambiental na gestão de recursos hídricos, em especial aquelas presentes em processos intencionais de seres conscientes da gravidade da questão ambiental. O fator da disposição humana em um desempenho ambiental melhor, a partir do que já se sabe fazer, pode ser mais relevante do que saber ainda mais sobre o que deveria ser feito.

Aponta-se, assim, que o objeto desse estudo não é a avaliação da eficácia e eficiência de métodos, mas da efetividade do desempenho humano na aplicação de métodos supostamente eficazes e eficientes. Em outras palavras, mesmo partindo de medidas objetivas sobre o recurso água, o interesse maior é avaliar objetivamente o ser humano nas medidas de gestão de usos de águas. Lembrando, dos conceitos de senso comum, em que: um processo eficaz visa resolver o problema; um processo eficiente visa minimizar os recursos necessários para atingir a um determinado objetivo e; um processo

efetivo visa atingir ao objetivo a que se pros, ainda que, utilizando técnicas eficazes e procedimentos eficientes.

1.2 INSTITUCIONALIZAÇÃO DA GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Nas últimas décadas, várias conferências internacionais importantes enfatizaram a necessidade de se adotar um compromisso ético com respeito ao suprimento das necessidades básicas de água por parte da humanidade: Mar Del Plata em 1977; A Avaliação dos recursos de água doce do mundo, de 1997, patrocinada pelas Nações Unidas; A Conferencia Sobre a Água e o Meio Ambiente, em Dublin, Irlanda, 1992; A Cúpula da Terra no Rio de Janeiro, em 1992; atividades que conduziram ao Rio + 10 em Johannesburg, África do Sul, em 2002.

Em todo o mundo e cada vez mais são apontados vínculos entre políticas de gestão da água e a ética. Onde há falta de acesso à água e aos serviços sanitários há um impacto significativo sobre os pressupostos direitos à dignidade e à vida. De fato, o controle da qualidade da água representa controlar e oferecer as melhores condições para viver. Todavia, mais do que à quantidade de água disponível, a questão do suprimento d'água está associada às impropriedades num modo de viver. É por isso que este trabalho se volta à avaliação do ser humano nas possibilidades de uso da água, mais do que à avaliação da água disponível aos humanos.

O Brasil acaba de instituir a “Década Brasileira da Água”, com objetivo de cumprir as “Metas do Milênio” traçadas pela ONU, que prevêm a redução pela metade da população sem água e serviços de esgoto. Porém, de acordo com a própria ONU em texto publicado pela Revista BIO (2005), entre 23 países da América Latina e Caribe, o Brasil está em sexto lugar no quesito abastecimento de água nos centros urbanos. Apenas 92,5% da população urbana são atendidos pelo sistema de abastecimento público de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2003). Ou seja, cerca de 10,8 milhões de pessoas do meio urbano continuam sem abastecimento público.

De acordo com THAME (2000), pelo fato do Brasil ser o detentor do maior estoque mundial de água doce disponível e perceber-se sob pressão dos países que vislumbram possibilidades de dispor das reservas brasileiras - além de suas próprias preocupações com os sinais evidentes de uma possível crise de disponibilidade de água -, o Estado Brasileiro institucionalizou medidas visando uma gestão *sustentável* dos recursos hídricos em seu território. Essa institucionalização ocorreu pela Lei Federal nº. 9.433, Promulgada em 08 de janeiro de 1.997, que institucionaliza uma Agência Nacional de Águas (ANA).

A Agência Nacional de Águas tem por missão a implementação do Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos no Brasil. Este sistema tem como referência espacial à bacia hidrográfica e a sua implementação depende da articulação entre esse organismo federal e organismos congêneres no âmbito dos Estados. Nas últimas décadas têm-se tornado evidentes as implicações da ação humana sobre o meio físico, principalmente sobre os recursos hídricos e mais notavelmente nas bacias hidrográficas dos mananciais utilizados para o abastecimento público. Isso explica e em parte até mesmo justifica a opção da bacia hidrográfica como horizonte espacial da intervenção institucional. A degradação do meio físico leva a um estado de difícil reversão que, quando reversível, tem elevado custo financeiro e exige muita disposição humana.

Orientados por uma visão de mundo que insiste em perceber o humano separado do restante da natureza, os gestores da água nas diferentes instâncias insistem em perceber o problema na dinâmica espaço-temporal do próprio meio degradado, ao invés de vê-lo emergindo dos interesses ameaçados. A visão cartesiana, mal reproduzida no cartesianismo e ainda hegemônica em orientar também o mundo de interessados, tem levado a perceber água com problemas, ao invés de seres humanos com problemas para dispor de água. Menos da obra de DESCARTES (1973) do que dos cartesianistas, o propósito ainda é fazer dos homens “senhores e possuidores da natureza”. Ao descrever outras espécies como “mentalmente inertes” e “desprovidas de toda dimensão espiritual”, Descartes induziu instaurar-se um corte absoluto entre o homem e o restante da natureza, abrindo o caminho

para o exercício da dominação do mundo pelos seres humanos. Essa humanidade se percebe, dessa forma, “divorciada” do restante da natureza, apenas utilizando-se dela para “extrair” sua sobrevivência. Essa mesma visão está presente na organização institucional voltada às demandas por abastecimento de água e esgotamento sanitário, que dá origem aos programas de saneamento.

É também por isso que a proposta deste trabalho não é desenvolver ou testar técnicas de conservar os recursos naturais e tampouco verificar experimentalmente a eficiência ou aplicabilidade dessas técnicas. A Ciência há muito vem se ocupando com pesquisas e estudos desta natureza, com bons resultados para apontar quais seriam as técnicas suficientes. Como já se apontou e com procedimentos que serão apontados mais adiante, o objeto desse estudo é a possibilidade de avaliar o desempenho humano em implementar técnicas conhecidas e já disponíveis.

1.3 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS

Com a promulgação da Lei 9.433 de janeiro de 1997, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), fundamentado nos seguintes aspectos (na Lei, referidos como princípios):

- *a água é um bem de domínio público;*
- *é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico;*
- *em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;*
- *a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;*
- *a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da política nacional de recursos hídricos e a atuação do gerenciamento dos recursos hídricos;*

- a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade.

Com o objetivo de possibilitar a gestão dos recursos hídricos, são instituídos, pela legislação, cinco instrumentos essenciais: i) os planos de recursos hídricos; ii) o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; iii) a outorga dos direitos de uso dos Recursos Hídricos; iv) a cobrança pelo uso dos recursos hídricos e; v) a criação do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Registre-se que nos termos da Lei que institui a Gestão dos Recursos Hídricos não há qualquer referência à possibilidade de avaliar o desempenho humano no uso e manejo das águas. As possibilidades de gestão estariam de fato contidas no próprio meio a gerir, não na qualidade da relação entre a ação intencional e as características dos meios. Mas seria fácil apontar que a água é menos de domínio público do que o público é de todo dependente da água; assim como é evidente que não é a água que é dotada de valor econômico, mas que é o ser humano economicamente orientado que quer financeiramente gerir disponibilidade de água.

Para atender as necessidades de consumo humano, as preocupações com qualidade e quantidade da água são comuns nos estudos em Engenharia Sanitária e Ambiental. Essas preocupações são orientadas pela Lei 9.433, que estabelece que quantidade e qualidade de água são indissociáveis e devem fazer parte do equacionamento da gestão sustentável dos recursos hídricos. Esses estudos visam identificar alternativas técnicas para garantir padrões de potabilidade de acordo com a Fundação Nacional de Saúde (PORTARIA N° 518 do Ministério da Saúde de 25 de março de 2004).

É evidente que a noção de disponibilidade também está muito presente nos termos das Políticas Públicas de Recursos Hídricos. Na caracterização do que na Lei é tratado como disponibilidade a partir de corpos d'água utilizados como mananciais de abastecimento, emerge a noção de indisponibilidade. Essa noção demanda estabelecer relações entre parâmetros que definem a disponibilidade para uma retirada na fonte e condições de disponibilidade para

usos a jusante. Decorre disso a necessidade de definição de retiradas máximas. Assim, a vazão máxima de retirada para abastecimento público é a equivalente a $1/3$ da vazão mínima (Q_m). Essa vazão mínima (Q_m) é obtida do parâmetro $Q_{7,10}$, parâmetro esse que determina a vazão crítica, ou seja, a vazão mínima em sete (7) dias consecutivos para dez (10) anos de retorno.

1.4 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DO SANEAMENTO

Está tramitando no Congresso Nacional a nova Política Nacional do Saneamento Ambiental, que deverá regular o papel dos municípios, estados e do setor privado na prestação e operação dos serviços de água e esgotamento sanitário. Alguns dos aspectos que vêm assumindo importância crescente nas concepções mais recentes de políticas para o setor, dizem respeito à necessidade de uma visão integrada das ações de saneamento e a participação da sociedade civil organizada no planejamento e controle dos serviços e obras de saneamento. Um bom exemplo é o Decreto nº. 5.440 de maio de 2005, que estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano.

Requer-se, neste momento, a ação firme do poder público no sentido de fortalecer os órgãos públicos de saneamento. Quer seja incentivando outros mecanismos de controle social sobre a prestação dos serviços de saneamento, informando e divulgando a população sobre questões relevantes ao desempenho ambiental através de índices e patamares de desempenho, ou aumentando a transparência sobre a gestão pública.

Suplementarmente, é importante o desenvolvimento de indicadores de desempenho ambiental para qualificação e efetividade operacional do sistema. E assim, o papel da política pública deverá ser a de máxima inclusão possível de indivíduos e grupos sociais para a construção de novas relações entre o cidadão e o poder público. Os gestores deverão planejar desde uma consulta

prévia para priorização de obras, até a fixação e divulgação de indicadores de desempenho ambiental que sintetizem uma mensagem rica em significação.

Coerentes com essas intenções, um dos mais importantes estímulos para o uso de indicadores de desenvolvimento na área da saúde e ambiente é a Agenda 21, construída em 1992, na Conferência Ambiental e Desenvolvimento das Nações Unidas. Em seu Capítulo 18, propõe a criação de um sistema de acompanhamento da Política Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, visando, entre outros objetivos, o abastecimento de água potável e saneamento.

1.5 ASPECTOS DA GESTÃO BRASILEIRA DE MEIO AMBIENTE

Algumas regulamentações presentes na gestão Brasileira de Meio Ambiente são muito importantes para a gestão da água. Voltado para necessidades de usos preponderantes, o enquadramento dos cursos d'água em classes é um dos *instrumentos* de gestão a ser implantado, visando assegurar águas com qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas. A Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA define enquadramento como o “estabelecimento do nível de qualidade (classes) a ser alcançado e/ou mantido em um segmento de corpo de água ao longo do tempo”.

Para proceder ao enquadramento de um corpo d'água, por um lado os parâmetros são definidos pela referida resolução e, por outro, a classificação dos corpos d'água é realizada no âmbito da Política Nacional de Recursos Hídricos. Segundo consta da normatização da Política Nacional de Recursos Hídricos, a proposta do enquadramento dos corpos d'água nas classes de uso será estabelecida pela legislação ambiental.

Corpos d'água doce podem ser enquadrados em cinco classes: as quatro primeiras atendem aos parâmetros específicos para o abastecimento doméstico. Para cada uma dessas quatro classes é determinado o tipo de

tratamento necessário ou recomendado: Classe Especial, simples desinfecção; Classe 1, tratamento simplificado; Classe 2 e 3, tratamento convencional.

Para o esgoto, está definido que “somente poderão ser lançados os efluentes de qualquer fonte poluidora, direta ou indiretamente, nos corpos d’água, após devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostas nesta Resolução e em outras normas aplicáveis”, estabelecidas pelo Art. 24 da Resolução n.º 357 do CONAMA.

Em decorrência da necessidade crescente de abastecimento de água, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais dos municípios, também é crescente o número de Estações de Tratamento de Água (ETAs) e conseqüentemente Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs). Tanto uma ETA quanto uma ETE tem a finalidade de adequar as características da água ao que preconiza a Legislação pertinente, assim como de atender a quantidade necessária ao abastecimento a que se propõem. Conforme aponta o Sistema Nacional de informações sobre Saneamento – SNIS (2003), 95,3% do volume de água tratada e distribuída no Brasil sofre o processo convencional de tratamento realizado por uma ETA (processos de coagulação, sedimentação e filtração para clarificação da água, seguida de correção de pH e desinfecção). E, dos 50,6% do esgoto gerado no Brasil e que é coletado, apenas 28,5% são tratados por uma ETE antes de serem lançados em um Rio ou em outro corpo d’água receptor.

O modelo de desenvolvimento pretendido nas Leis de Recursos Hídricos, de Meio Ambiente e, agora, a seguir, de Saneamento Ambiental, exige que as ações em cada bacia hidrográfica - rurais ou urbanas – sejam definidas participativamente. Por meio da Agência Nacional de Águas – encarregada de gerir o sistema do gerenciamento como um todo – e de um Comitê, diversas ações visam diminuir conflitos, instituir cobranças e estabelecer políticas para as questões consideradas prioritárias. Essas questões, todavia, surgiriam sempre e exclusivamente de quantidades objetivas e mensuráveis na água.

1.6 DE UM OLHAR ORIENTADOR À ORIENTAÇÃO PARA UM OUTRO OLHAR

Compreendendo minimamente a visão de mundo que ainda nos orienta como sociedade, pode-se reconhecer a legislação vigente como bem situada no atual contexto de idéias que compõem a compreensão do significado de gestão de recursos hídricos. Além de uma visão que insiste em perceber o problema no próprio recurso, as Políticas de Recursos Hídricos, Saneamento e Meio Ambiente revelam-se carentes de instrumentos conceituais e metodológicos que auxiliem a gestão incorporando o componente humano de forma clara e objetiva na situação problema. É nesse contexto que se pretende situar o presente trabalho de dissertação, apresentando e avaliando uma nova ferramenta para auxiliar na gestão dos sistemas de tratamento de água.

A visão inspirada no cartesianismo levou o ser humano a perceber problemas nos componentes do meio, ao invés de seres humanos com problemas em dispor desse meio. A superação dessa visão, que separa os seres humanos do restante da natureza, demanda perceber os seres humanos no centro dos problemas. Isso, por sua vez, demanda a promoção de uma noção de ambiente que contemple a presença humana como parte integrante da natureza.

A materialização de ambiente tem levado a uma compreensão da chamada “crise ambiental” como um resultado negativo, com significado que se restringe àquele das ações humanas sobre o meio físico. Conforme dissertou PIAZERA (2000) a respeito da dificuldade conceitual instaurada, entende-se que, dessa forma, o homem se exclui do meio e, numa condição de superioridade implícita, decide qual deve ser o manejo ideal dos ecossistemas naturais. Nessa mesma forma, salienta BERTUOL (2002), para o encaminhamento de soluções à questão ambiental, de nada adianta simplesmente o investimento em tecnologias e processos inovadores se não se considerar um pressuposto básico: o ser humano como parte integrante da natureza e, por isso, orientador e co-promotor de ambiente.

O ser humano realiza sua existência estabelecendo relações com o restante do meio. A satisfação resultante do produto dessas relações determina o ambiente promovido no meio. E a possibilidade de que todos os interessados remetem satisfeitos definiria o máximo de qualidade para as relações estabelecidas. Todavia, a realização de uma existência consciente e a satisfação nela possível é produto de um fluxo de possibilidades. Esse fluxo de possibilidades, por sua vez, está submetido ao que impõe à irreversibilidade presente no Segundo Princípio da Termodinâmica: *em processos reais, não se pode transformar integralmente um potencial mobilizado em produto útil. Necessariamente uma parte desse potencial será dissipada.*

Não há como promover o desejável sem que resultados indesejáveis estejam presentes. A desordem implicada na produção de ordem é crescente. Assim, uma melhor qualidade em procedimentos para determinado fim não está em garantir que todos os interessados resultem beneficiados com o que é feito, mas sim em reduzir minimamente as possibilidades de outros também procederem com fins análogos.

Nos processos de interesse nesta dissertação – purificação de água para torná-la potável e depuração de águas de despejo para reduzir a poluição – a desordem implicada também é crescente. Mesmo para combater a poluição, é inexorável poluir ainda mais à luz de outras demandas no grande fluxo de possibilidades. Enfim, algum destino deve ser previsto para o lodo [!].

Nesse contexto, quem deve ser avaliada é a qualidade da ação humana implantada, e não apenas o produto útil da ação. Ou seja, ainda que importe avaliar a eficácia de métodos, importa mesmo é avaliar integralmente as implicações de ações que demandam métodos.

A gestão de recursos hídricos em geral é um tema de natureza complexa. Trata-se da utilização racional da água para diferentes finalidades e de sua destinação final após o respectivo uso. Devido a grandes demandas de água em áreas com baixos índices de precipitações, a água disponível pode se revelar escassa. Contudo, é principalmente devido a procedimentos humanos que implicam elevados níveis de poluição da água, o que limita o seu uso, que

a água pode revelar-se indisponível mesmo em áreas com altos índices pluviométricos. Em outras palavras, não é tanto o recurso hídrico que necessita ser gerido, mas a demanda por ele e, principalmente, o procedimento em dele se dispor.

1.7 OBJETIVOS

- Geral

Avaliar a operacionalidade e a significação do Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA em uma Estação de Tratamento de Água – ETA.

- Específico

- ✓ Compreender e validar o Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA a partir de dados de campo, fornecidos pela Companhia Catarinense de Saneamento - CASAN.
- ✓ Comparar a através do IETA períodos distintos de uma mesma Estação de Tratamento de Água.
- ✓ Verificar a efetividade após a mudança de procedimentos eficientes e eficazes na Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann.
- ✓ Apresentar uma nova visão conceitual e metodológica para processos de gestão de Estações de Tratamento de Água através do IETA.

SEÇÃO 2

2.1 POSSIBILIDADES EM UM NOVO OLHAR

Apesar da boa vontade que inspira a Lei, todos os esforços nela implicados são voltados a perceber os problemas e limitações de possibilidades a partir da água em si, muito mais do que a partir da qualidade do uso que se faz da água. Na visão que se quer valorizar, são sempre os interessados em água que podem ter problemas em dela dispor. Em outras palavras, mais do que de indicadores que informem sobre características de águas, necessitamos de indicadores que apontem em quanto afetamos a disponibilidade para nossas necessidades.

Como aponta COSTA (2005), um dos desafios presentes consiste na definição de indicadores epidemiológicos e sanitários que permitam nortear as ações e empreender avaliações no campo do saneamento. Especialmente nos países em desenvolvimento, as áreas de saneamento e saúde, ainda que disponham, respectivamente, de um conjunto de “indicadores” sanitários e epidemiológicos, não utilizam esses indicadores de forma integrada, para fornecer suporte qualificado às suas ações, na meta de universalizar com equidade o atendimento. Tais “indicadores”, além de seu potencial em representar os efeitos da insuficiência das ações de saneamento sobre a saúde humana, podem constituir “ferramentas” para a vigilância e para a orientação de programas e planos de alocação de recursos em saneamento. Para o objeto desse trabalho, esses “indicadores” serão considerados como índices ou parâmetros.

O recente trabalho elaborado por LOPES e LIBÂNIO (2005), intitulado Proposição de um Índice de qualidade de estações de tratamento de água - IQETA inicia sua apresentação questionando a visão reducionista do meio técnico na avaliação do desempenho de estações de tratamento de água. Dado o intuito desse trabalho em avaliar o desempenho global de estações de tratamento de água e conseqüentemente da qualidade de sua operação,

parece importante considerá-lo aqui. Porém, novamente voltou-se a avaliar de forma específica os aspectos físicos do meio.

Nota-se então, que o entendimento de uma avaliação global para LOPES e LIBÂNIO (2005) restringe-se a uma pesquisa de opinião com especialistas, capazes de quantificar parâmetros perceptivos, através da avaliação subjetiva de determinados aspectos. Mesmo sabendo que tais aspectos são específicos a cada sistema de tratamento de água.

Alguns autores têm despertado para a importância de quantificar parâmetros perceptivos, tanto quanto o é de interesse no indicador objeto de estudo neste trabalho. Podemos citar BOLLMANN E SAMWAYS (2003) quanto ao uso de indicadores perceptivos para avaliar a qualidade das águas. Em um de seus trabalhos, BOLLMANN E SAMWAYS (2003) integra uma série histórica de qualidade das águas de uma bacia hidrográfica (determinada pelo IQA – Índice de Qualidade das Águas) ao Indicador de Valor de Habitat - IVH, idealizado por BARBOUR e STRIBLING (1996) *apud* BOLLMANN E SAMWAYS (2003).

O IQA, tanto para BOLLMANN quanto para o indicador objeto de estudo neste trabalho, é apenas um índice, proposto pela National Sanitation Foundation, que a CETESB (1998) adaptou e desenvolveu. O IQA incorpora 9 parâmetros considerados relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a utilização das mesmas para abastecimento público. Apenas para exemplificar, ALMEIDA (2001) aponta índices ou padrões como uma das maneiras mais simples e práticas de se estimar ou retratar a qualidade das águas. Esses índices, como aqueles descritos, sempre são um número derivado a partir de certos parâmetros físicos, químicos ou biológicos.

Outros autores incentivam o uso de indicadores perceptivos que correlacionam atividade antrópica com parâmetros da qualidade das águas. ROSSANO (1995) *apud* KARR e CHU (1999) analisou os resultados da aplicação do IBI-B (Índice de Integridade Biótica aplicado à Macroinvertebrados Bentônicos) em 115 mananciais no Japão, bem como avaliou o grau de

atividade e influência humana observada nas correspondentes bacias hidrográficas. Mesmo sem nenhuma medida quantitativa, o método prevê um índice variando de 1 a 21 para a intensidade da influência humana, baseado em 4 critérios subjetivos previamente quantificados.

Considerando-se que a quantidade de água que anualmente flui numa região é praticamente uma constante, necessitamos de indicadores de em “quanto” afetamos o fluxo de possibilidades pelo uso que fazemos da água. E na medida em que o ser humano afeta a qualidade de ambientes possíveis a partir desses fluxos de possibilidades, o que necessitamos é de indicadores de desempenho ambiental humano no uso da água. E bom desempenho ambiental não é tanto poder dispor das melhores condições possíveis, quanto é conviver reduzindo apenas minimamente a qualidade das condições disponíveis. Esse é o novo olhar!

Embora alguns autores ainda considerem que é preciso avançar muito para se obter um indicador para a saúde ambiental - termo usado pela OMS, assim como o PIB e o IDH são para a economia - em função da diversidade de problemas de saúde ambiental - verificados em cada país, os indicadores, segundo a OMS, deverão igualmente diferir em cada nível de decisão. Dessa forma, faz-se necessário dispor de instrumentos que possam melhorar as possibilidades a partir de técnicas e ferramentas de gestão junto aos usuários da água. Por limitar-se a avaliar o meio, os processos de gestão podem estar atuando mais no sentido de formalizar e legitimar parâmetros avaliativos do que promover a avaliação ambiental. Para tentar superar este problema foi desenvolvido um instrumento conceitual e metodológico, elaborado por D'AGOSTINI e outros (2005), detalhadamente apresentado no Anexo 1. Trata-se de um instrumento no qual a qualidade, a quantidade e a regularidade são simultaneamente considerados. Quem efetivamente resulta avaliado com esse método é o usuário de água, mesmo que a partir de medidas e parâmetros de água. Ainda segundo esses autores, tais medidas e parâmetros são processados em relações sistematizadas de forma a resultarem num objetivo indicador, denominado Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA.

O algoritmo em que resulta expresso esse indicador permite a obtenção de uma nota que quantifica a efetividade do tratamento de água.

De acordo com D'AGOSTINI, transcrito por ANTON (2004), “um indicador é uma expressão simples e capaz de encerrar mensagens contidas em informações com significados complexos ou simplesmente complicados”. Mesmo que a partir de informações tão simples quanto um parâmetro bio-físico-químico e medidas de vazões, um indicador de desempenho ambiental deve constituir-se em informação com adequada significação. Significação de uma mensagem é o efeito que a mesma tem sobre quem a recebe.

2.2 A PROPOSTA DO NOVO INDICADOR

Segundo D'AGOSTINI e outros (2005), a noção de disponibilidade de água é um conceito que remete mais a um fluxo de possibilidades do que a uma quantidade. “Quase nada se pode fazer com bastante água sem um mínimo de qualidade, pouco significa dispor de água boa em quantidade insuficiente; e são limitadas as possibilidades a partir de água que somente resulte disponível sem regularidade na qualidade ou na quantidade”. Alterações de qualidade, quantidade e regularidade são mensuráveis em água disponível, em água tornada útil, em água devolvida ao meio ou em água apenas indiretamente afetada por relações de qualquer natureza. Combinações entre qualidade, entre quantidades e entre regularidade definem a qualidade da relação mantida no uso.

Água boa é uma distinção do usuário, ao deparar-se com uma necessidade de uso específico. Apresentando-se contaminada ou até mesmo poluída, escassa ou indisponível, somente será possível adequá-la ao uso. Por isso, nossa preocupação em avaliar a efetividade no uso. Sendo assim, a qualidade da água passa a ser apenas uma variável na determinação da efetividade de um sistema de tratamento. Essa qualidade é determinada através da quantificação de variáveis bio – físico – químicas, determinadas por parâmetros através de procedimentos de laboratório.

Desta forma, este trabalho é voltado a avaliar características qualitativas do manejo de águas, conforme sugere o Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA, ou seja, um indicador da qualidade do gerenciamento do processo, muito mais do que da qualidade bio - físico - química do processo.

2.3 O INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA – IETA.

O intuito em um indicador é dispor de uma informação objetiva e portadora de uma mensagem rica em significação. Portanto, inferir o grau de efetividade de um sistema delimitado, como a atividade humana implicada numa estação de tratamento de água, visa avaliar se o sistema atinge seu objetivo de melhorar os aspectos da água em quantidade suficiente e com um mínimo de regularidade.

O objetivo do Indicador de Efetividade de Tratamento de Água – IETA é, então, avaliar a efetividade de sistemas de tratamento de água. Expresso em um algoritmo que resultou da sistematização de um sistema de relações, o IETA é sempre um resultado contido no intervalo entre zero e um $[0, 1]$. Obtido de combinações entre qualidade, quantidade e da regularidade destas qualidades e quantidades, o IETA permite a avaliação e a comparação do desempenho humano em operar sistemas de tratamento de água.

Um sistema de tratamento de água tanto incorpora potencial ambiental à água para interesses específicos, como em uma Estação de Tratamento de Água (ETA), quanto reincorpora potencial ambiental à água para interesses gerais, como em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

Já se disse que no IETA estão muito presentes três aspectos fundamentais: a qualidade da água (Q), a quantidade de água (V) e a regularidade (R) tanto na qualidade quanto na quantidade de água. Na caracterização do potencial ambiental encerrado num corpo d'água, Q, V e R não podem ser tratados de forma dissociada. Pouco importa água sem qualidade; não é suficiente pouca água; e não nos satisfaz água sem regularidade tanto na qualidade quanto na quantidade.

O IETA é aplicável em quaisquer tipos de estações de tratamento de água (ETA) e de efluentes (ETE) em que qualidade e quantidade de água sejam mensuradas na entrada e na saída do sistema. Trata-se de uma ferramenta baseada numa importante implicação do Segundo Princípio da Termodinâmica. Exemplificando: Em uma ETA, que capta água “bruta”, com um determinado potencial ambiental, o sistema a torna potável, porém gera certa quantidade de lodo. Da mesma forma, em uma ETE, o sistema recompõe o potencial ambiental da água, porém produz certa quantidade de lodo. O lodo é um efeito análogo a dissipação de energia, relacionada à qualidade do processo de transformação de energia em trabalho. Não é possível evitar a dissipação de potencial, somente criar sistemas que nos convém por dissiparem menos.

É em relação a esses três aspectos, qualidade (Q), quantidade (V) e regularidades (R) de fluxos e de características da água, que o IETA resulta expresso numa simples “nota” de desempenho.

2.4 SITUAÇÕES QUE JUSTIFICAM O IETA

Uma importante utilidade do IETA decorre do fato de ocorrerem muitas combinações possíveis entre Q, V e R. Para algumas combinações é elementar podermos todos concordar sobre o que representa um melhor ou pior desempenho humano no tratamento de água. Porém e como se ilustra a seguir, seria difícil manter coerência em apontar diferenças de desempenho para todas as combinações Q, V e R possíveis.

Para a representação de diferentes desempenhos humanos no tratamento de água, a seguir são apresentadas situações de melhor ou pior desempenho. Na figura 2.1, qualidade, quantidade e regularidades são pictoricamente convencionados pra a interpretação dos exemplos de situações que se seguem.

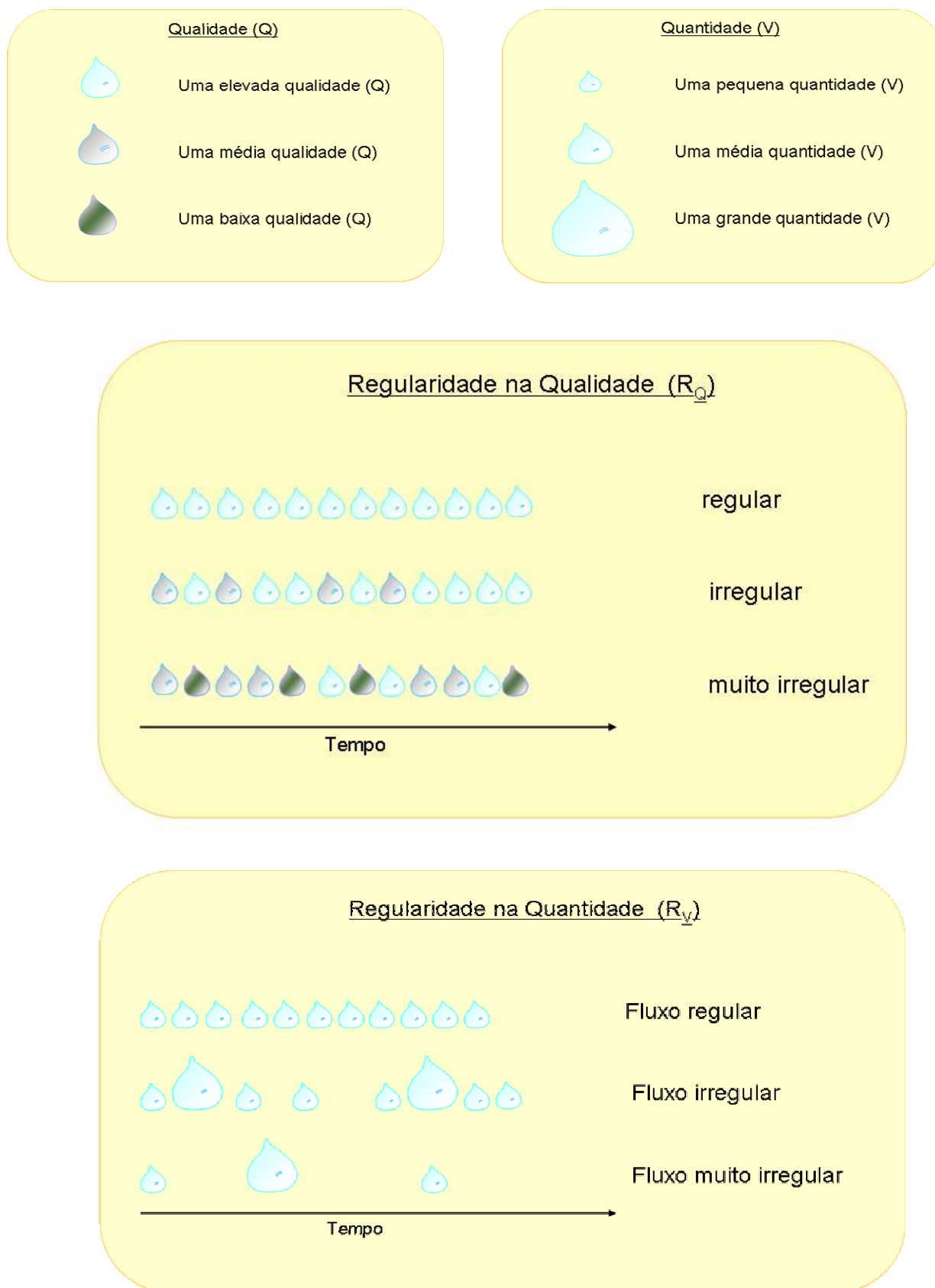


Figura 2.1. Legenda orientadora à compreensão das situações a seguir.

A seguir são representadas três situações de relações; humano - água, entre os quais é fácil visualmente apontar qual é a “menos desejável” em relação à qualidade (Q) e quantidade (V), respectivamente.

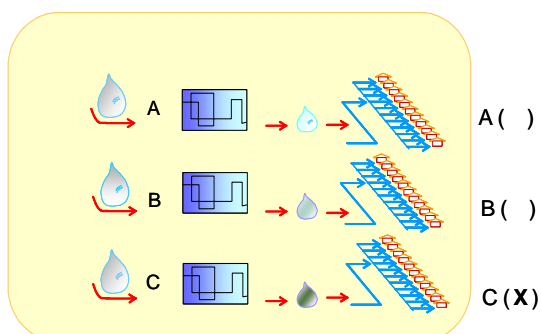


Figura 2.2 diferentes qualidades

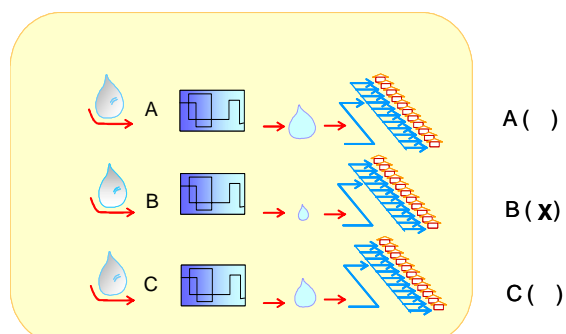


Figura 2.3 diferentes quantidades

O caso C da primeira situação é obviamente o menos desejável porque apresenta a pior qualidade da água tratada. Já na segunda situação e admitindo que os três casos referem-se a uma determinada necessidade, o caso B é o menos desejável porque a quantidade de água é inferior às demais.

A seguir são apresentadas outras três situações, em que ainda poderíamos facilmente apontar qual a “menos desejável”, embora agora em relação à regularidade na qualidade (R_Q) e quantidade (R_V), respectivamente;

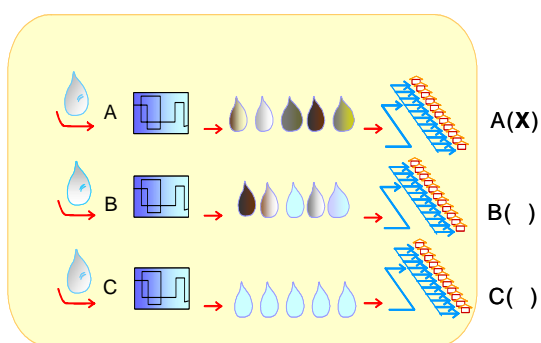


Figura 2.4 irregularidade na qualidade

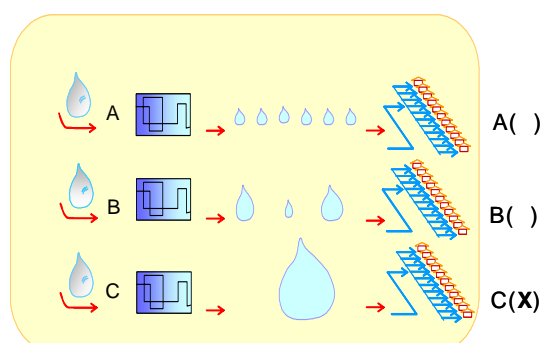


Figura 2.5 irregularidade na quantidade

O caso A da primeira situação é o menos desejável porque apresenta a pior qualidade da água durante todo o período de várias unidades de duração. Já na segunda situação, o caso C é o menos desejável porque toda a quantidade de água flui em uma única unidade de duração ao longo de todo período considerado.

A seguir as situações apontam claramente a utilidade de um algoritmo que permita apontar o desempenho em qualquer situação. As combinações entre Q, V e R não nos permitem mais visualmente identificar qual o caso menos desejável para as duas situações.

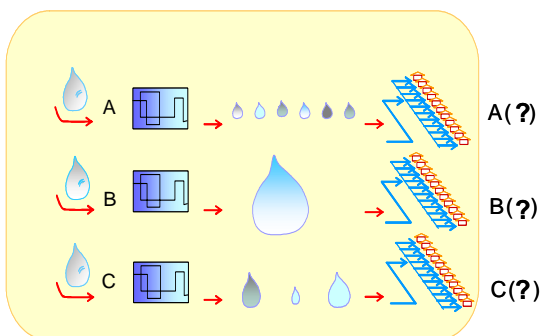


Figura 2.6 irregularidade em Q e V

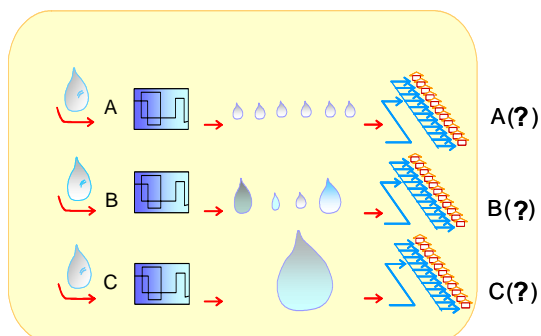


Figura 2.7 irregularidade em Q e V

Portanto, o fato de que existem inúmeras combinações entre qualidade, quantidade e graus de regularidade, apontar qual é a situação mais ou menos desejável demanda um procedimento cujo resultado todos compreendam e possam aceitar como correto.

2.5 O ALGORITMO QUE PRODUZ O IETA

O algoritmo do IETA, derivado da sistematização de relações entre qualidades (Q), quantidades (V) e regularidades (R), permite obter um resultado que é uma nota entre zero e um ($0 \leq IETA \leq 1$). Por ser um produto entre os três aspectos (Q, V, R), qualquer dos termos que se aproxime de zero aproxima de zero a efetividade de todo o processo. A construção do IETA está detalhada no Anexo 1, sendo que as equações fundamentais são:

$$IETA = \frac{(Q_{SM} - Q_{EM})}{(Q_N - Q_{EM})} \times \frac{V_{SM}}{V_N} \times R \quad (1)$$

em que;

- IETA - Indicador de Efetividade de Tratamento de Água;
- Q_{SM} - qualidade de água que sai melhorada do sistema de tratamento;
- Q_{EM} - qualidade de água que entra no sistema de tratamento;

- Q_N - qualidade de água necessária/desejada;
- V_{SM} – quantidade média de água que sai com qualidade Q_S do sistema de tratamento;
- V_N - quantidade de água que é necessário tratar;
- R – regularidade de fluxos e características da água, sendo que:

$$R = (R_Q)^{0,5} \times (R_V)^{0,5} \quad (2)$$

em que, regularidade de fluxos (R_V) e de características (R_Q) são obtidos pelas equações a seguir, respectivamente:

$$R_V = 1 - \Delta$$

$$\Delta = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i \times V_{Si} - D_i \times V_{SM})^2}{n}}}{\sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n D_i \times V_{Si} - D_i \times V_{SM}\right)^2}{n} + (n-1)(-D_i \times V_{SM})^2}} \quad (3)$$

em que;

- R_V – Regularidade da quantidade de água;
- D_i – iésima unidade de duração unitária (dia, semana...);
- V_{Si} – vazões de saída ao longo de cada unidade de duração;
- V_{SM} – vazão média de saída no período de n unidades de duração;
- n – número de unidades de duração ao longo do período avaliado;

$$R_Q = 1 - \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (Q_{Si} - Q_{SM})^2}{K}}}{(1 - Q_{EM}) \frac{1}{2}} \quad (4)$$

em que;

- R_Q - Regularidade da qualidade da água;
- Q_{Si} - qualidade da água na saída em cada unidade de duração ao longo de todo período avaliado;
- Q_{SM} - qualidade média da água que sai do sistema no período considerado, ponderada pelo respectivo volume;
- K - número de unidades de duração ao longo do período avaliado;
- Q_{EM} - qualidade média da água que entra no sistema no período considerado, ponderada pelo respectivo volume;

Portanto, o IETA não é apenas uma medida da eficácia e da eficiência de determinado processo de transformação de características de água, mas uma medida da efetividade desse processo e principalmente da efetividade de práticas humanas em sua implementação.

O IETA não visa substituir outras construções e competências que visam a eficiência e a eficácia. Pelo contrário, visa tornar ainda mais úteis tais construções e competências.

SEÇÃO 3

3.1 METODOLOGIA

De acordo com os objetivos do presente trabalho, estão implicadas várias etapas operacionalmente distintas entre si, mas indissociáveis em significado frente à intenção de avaliar a efetividade de ações voltadas ao atendimento de crescentes demandas por água.

Com o intuito de tornar mais útil esse exercício de estudar e então sobre este estudo dissertar, o IETA foi aplicado na prática. Para tanto foi escolhida a Estação de Tratamento de Água (ETA) José Pedro Horstmann, localizada no Morro dos Quadros, Município de Palhoça. Esta ETA é propriedade da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CASAN e foi inaugurada em 1986. Até o ano de 2003 essa ETA processava aproximadamente 157 mil m³/dia, provenientes dos mananciais Rio Cubatão do Sul e Rio do Braço (Pilões), em sistema de tratamento de água de filtração direta⁴. A partir do ano de 2005 o mesmo sistema passou a utilizar somente água proveniente do manancial Rio do Braço. Sob gestão da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – CASAN, a ETA atende ao Sistema Integrado Florianópolis – SIF, compreendendo as regiões de parte de Florianópolis, São José, Santo Amaro da Imperatriz e Biguaçu. Esse sistema de abastecimento público atende a uma população de 596 mil habitantes, com um consumo de 4,1 milhões m³/mês, para um número de 120 mil economias [ligações prediais].

3.1.1 Primeira etapa: Contato com os gestores

A primeira ação foi contatar com a Direção da Companhia Catarinense de Saneamento - CASAN e com os técnicos responsáveis pela gestão da Estação de Tratamento de Água (ETA). O objetivo desse contato foi apresentar o trabalho a ser realizado e conseguir o apoio dos gestores responsáveis pela companhia. Após uma rápida exposição da intenção e das possibilidades de

⁴ Sistema de tratamento de água não convencional com filtro de fluxo ascendente.

estudos, os gestores aceitaram a solicitação e disponibilizaram uma pessoa para auxiliar na obtenção dos dados necessários.

Posteriormente, a concepção da construção do IETA e o seu operar foram apresentados a gestores e usuários de água em diversos setores. A apresentação do IETA no 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, realizado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, em setembro de 2005, ensejou oportunidades de uma série de outras apresentações, propiciando sugestões de aplicações e avaliações da metodologia por parte dos interessados, especialmente por gestores de diversos setores do saneamento e meio ambiente.

3.1.2 Segunda etapa: Levantamento de dados

A etapa de levantamento de dados foi realizada no laboratório da ETA – José Pedro Horstmann, com o apoio de técnicos responsáveis pelas análises dos parâmetros de qualidade de água, em conjunto com o escritório regional da CASAN, responsável pelas medições de vazão e demandas *per capita*. Esses dados foram organizados em planilhas eletrônicas, possibilitando a aplicação do algoritmo do IETA para o período de 12 (doze) meses do ano de 2003 e de 3 (três) meses do ano de 2005.

Dentre outras informações, foram disponibilizados os dados referentes à *água bruta*, em que são analisadas, a cada 6 (seis) horas, amostras de água quanto a: pH, cor, turbidez, alcalinidade, coliformes fecais e matéria orgânica; e de *água tratada*, na qual são analisadas, a cada 6 (seis) horas, amostras quanto a: pH, cor, turbidez, alcalinidade, matéria orgânica, carbonatos, bicarbonatos, flúor, cloro residual, alumínio residual e coliformes fecais. Além desses dados, também foram disponibilizadas as informações referentes à vazão de entrada da água bruta e à saída da água tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA), medidas a cada 12 (doze) horas.

3.1.3 Terceira etapa: Aplicação do IETA

Utilizando um aplicativo computacional desenvolvido para a obtenção do IETA, passou-se para o processamento das informações, ou seja, obtenção de valores da efetividade da ETA para os anos de 2003 e 2005.

Como já se apontou, a obtenção do IETA demanda informações de qualidade de água necessária (Q_N), qualidade de água que entra no sistema (Q_E) e qualidade de água que sai (Q_S) do sistema. A qualidade é avaliada através de uma classificação quantitativa, que atribui uma nota (Q). Seguindo o procedimento apresentado por PORTO (1991) e adotado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB/SP na obtenção de um índice de qualidade de água (IQA), utilizado como referencial, é possível atribuir uma nota ao estado da água a partir de alguns parâmetros de interesse para determinada demanda. Adaptada para este trabalho, uma nota Q (tal que $0 \leq Q \leq 1$) é atribuída ao aspecto de qualidade, de acordo com o valor obtido na análise da amostra de água. A obtenção de uma nota Q é realizada de forma análoga à obtenção do Índice de Qualidade da Água (IQA). Sendo assim, tanto a qualidade de água na entrada (Q_E) do sistema – água bruta, quanto a qualidade de água na saída (Q_S) do sistema – água tratada, são representadas pela nota Q , sendo que $0 \leq Q_E \leq 1$ e $0 \leq Q_S \leq 1$.

A seguinte equação foi utilizada:

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (5)$$

- Q – Nota para a qualidade da água, um número entre 0 e 1;
- q_i – Nota para o estado de cada variável, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida, dividida por 100 por questões dimensionais e;
- w_i – peso ou importância relativa à variável, um número entre 0 e 1, tal que $\sum w_i = 1$.

Dentre as variáveis de qualidade monitoradas diariamente pela ETA foram selecionadas as que estavam presentes tanto no monitoramento de água bruta, quanto no monitoramento de água tratada. No entanto, não há aqui qualquer intenção em apontar quais as variáveis são importantes na avaliação uma vez que a qualidade é definida sempre a partir de variáveis que sejam

relevantes aos interesses do sistema avaliado. O IETA apenas utiliza a qualidade (Q) definida a partir de tais variáveis. Desta forma, a qualidade da água (Q) foi determinada, neste trabalho, pela avaliação das seguintes variáveis: turbidez, cor, pH, alcalinidade e coliformes fecais.

Admite-se, aqui também, que todas as variáveis possuem a mesma importância relativa em relação às necessidades que levam à existência do sistema de tratamento de água avaliado. A decisão de determinar a mesma importância para as variáveis em questão resulta da pressuposição de que a importância relativa já é suficientemente contemplada ou levada em conta a partir da subjetividade implícita. Quando é estabelecida a relação entre o nível de concentração da variável e a nota atribuída pelos especialistas na definição de suas respectivas curvas, propostas por PORTO (1991) ou desenvolvidas neste trabalho (apresentadas no Anexo 2), embora as notas sejam atribuídas considerando destinações genéricas para a água. Na ausência de uma das variáveis, a sua importância (peso) é redistribuída para as demais, para que a soma dos pesos resulte em um valor unitário ($\Sigma w=1$). A decisão de verificar se a água contém ou não alguma concentração de qualquer das variáveis bio-físico-químico avaliável não define a qualidade da água em si, mas apenas contribui na definição da qualidade da avaliação. Porém, para cada sistema de tratamento existem variáveis fundamentais para auxiliar na sua operação e manutenção. Assim como também são definidas pela legislação as variáveis que devem ser consideradas para cada uso específico da água.

A qualidade necessária Q_N é definida pela metodologia do IETA como um (1), com o pressuposto de que um sistema de tratamento de água busca a melhor qualidade da água possível para determinada finalidade. Porém, atribuir nota um implica um elevado grau de exigência ao sistema de tratamento de água, exigência esta que na prática dificilmente os sistemas de tratamento de água estão preparados para cumprir, até mesmo porque uma nota um pode resultar mais exigente que a própria legislação.

Decidiu-se, por isso, considerar a nota um (1) como qualidade de água “ideal”. Conseqüentemente, determinou-se a qualidade da água necessária (Q_N) a partir da análise de todos os parâmetros utilizados, conciliando a

legislação vigente (PORTARIA MS N° 518/04) com as curvas propostas (Anexo 2). Buscando minimizar as disparidades existentes, adotou-se arbitrariamente a nota 0,90 como sendo a qualidade Q_N .

Foram obtidas, então, as quantidades de água na entrada do sistema de tratamento (V_E) e quantidade de água na saída do sistema de tratamento (V_S), através das medidas das vazões de entrada e saída de água do sistema de tratamento, respectivamente.

Como o sistema de distribuição é *integrado*⁵, a quantidade necessária a tratar foi determinada através de estimativas, considerando a população total do sistema de abastecimento de água (660 mil habitantes) e a produção média de água tratada em todas as unidades do sistema integrado (5,3 milhões de m^3 /mês). De acordo com esses dados, fornecidos pela CASAN, tomados como necessários para o abastecimento da população a ser atendida, obtém-se um consumo médio de 295 l/hab/dia. Considerando os valores de produção média da ETA José Pedro Horstmann (4,3 milhões de m^3 /mês) a quantidade necessária tratar (V_N) estimada é de 157 mil m^3 /dia. A quantidade V será sempre expressa como vazão (L^3/T) e em unidades apropriadas.

O produto entre os dois primeiros termos da equação do IETA, ou seja, o produto entre combinações de qualidades de água (Q) e de quantidades de água (V) permite avaliar a qualidade das relações ambientais mantidas com a água num determinado momento, denominado IETA_i. Ao longo de um período, o IETA incorpora o significado do grau de regularidade na qualidade (R_Q) e na quantidade (R_V), expresso no aspecto regularidade (R), através da média geométrica entre R_V e R_Q .

3.1.4 Quarta etapa: Comparativo da efetividade

É importante salientar que os dados utilizados foram obtidos a partir da água que entrou e foi processada pela ETA José Pedro Horstmann, para o período de 12 meses do ano de 2003 e de 3 meses do ano de 2005. Durante o

⁵ Sistema *Integrado* corresponde à interligação das redes de distribuição de água tratada, que abrangem toda área de abastecimento.

período de 2003 esta estação processava água bruta proveniente do sistema Cubatão/Pilões que compreende a captação de água dos rios Vargem do Braço e Cubatão do Sul, localizados no município de Santo Amaro da Imperatriz. Já durante o período considerado em 2005, o sistema de captação de água do Sistema Pilões foi ampliado ao ponto de não mais ser utilizada água proveniente do Rio Cubatão do Sul.

Diante desta informação, decidiu-se aplicar o IETA para estes dois períodos, permitindo assim, verificar, se ocorreram ou não, mudanças na efetividade do tratamento em função da captação. Como já dito, melhorias físicas do sistema remetem a resultados mais eficientes e eficazes, resta aqui verificar a efetividade das ações humanas sob esses métodos através do IETA.

Visando facilitar a compreensão da atribuição de uma nota à efetividade do tratamento de água, apresentar-se-á, nesta sessão, passo a passo, a obtenção do IETA para um determinado período de operação da Estação de Tratamento de Água (ETA) – José Pedro Horstmann.

3.1.5 Quinta etapa: Experimental

Nesta etapa será apresentada a obtenção do IETA para o período de sete (7) dias do mês de julho do ano de 2003. Os demais valores do IETA, com valores diários, semanais e mensais referentes a todo o período avaliado, encontram-se nos Anexos 3 e 4.

O valor do IETA para cada dia ($IETA_i$) foi obtido mediante o fornecimento das informações de:

Q_E - qualidade da água na entrada;

Q_S - qualidade da água na saída;

Q_N - qualidade da água necessária;

V_S - quantidade de água na saída;

V_N - quantidade de água necessária;

V_E - quantidade de água na entrada no respectivo dia.

O IETA para o período de 7 dias é obtido através dessas mesmas informações diárias, nas sete (7) unidades de duração (dia), sendo que então:

Q_{EM} - qualidade média da água na entrada ponderada pelo respectivo volume;

Q_{SM} - qualidade média da água na saída ponderada pelo respectivo volume.

Para que, então, se possa calcular o aspecto da regularidade, pela incorporação de dois termos R_V e R_Q , em que:

R_V - regularidade na quantidade de água;

R_Q - regularidade na qualidade da água.

A seguir, para facilitar a exposição do operar das relações sistematizadas através do algoritmo do IETA, o valor do indicador para o referido período (0,73) é obtido passo a passo, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. IETA referente ao período de sete dias do mês de julho de 2003.

Tabela com IETA referente ao período de sete dias de maio de 2000:							
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETAi
1/jul	0,61	0,86	0,9	147	157	160	0,81
2/jul	0,60	0,86	0,9	146	157	158	0,82
3/jul	0,70	0,86	0,9	147	157	158	0,74
4/jul	0,70	0,86	0,9	146	157	166	0,75
5/jul	0,73	0,93	0,9	143	157	168	1,10
6/jul	0,70	0,86	0,9	138	157	170	0,72
7/jul	0,71	0,87	0,9	141	157	167	0,74
				ΣV _S =1008	ΣV _N = 1099		
				V _{SM} =144	IETA 7 DIAS = 0,73		

3.1.5.1 Qualidade (Q)

A nota referente à qualidade da água (Q), tanto para a entrada (Q_E) quanto para a saída (Q_S) da ETA, é calculada através da equação (5) proposta por PORTO (1991) e adaptada para este trabalho. Assim como a nota de cada variável é determinada de acordo com sua respectiva curva, conforme anexo 2.

A seguir é apresentado o cálculo de (Q_E) e (Q_S) para uma unidade de duração, referente ao dia 1 de julho de 2003. Nesse dia, as variáveis consideradas apresentaram os seguintes níveis e notas correspondentes:

Tabela 3.2. Níveis e notas correspondentes a cada variável referentes ao dia 1 de julho de 2003.

Variável	Nível Entrada	Nota Entrada	Nível Saída	Nota Saída
pH	6,76	0,93	7,23	0,91
cor	25,00	0,42	5,00	0,88
turbidez	6,31	0,49	0,91	0,98
alcalinidade	12,20	0,70	13,90	0,69

Como já apontado, todas as variáveis assumem a mesma importância para este sistema de tratamento de água, ou seja, nesta unidade de duração utilizamos quatro variáveis, o que gerou um peso $w = 1/4 = 0,25$. Neste dia a nota referente aos coliformes foi desconsiderada.

Então,

- Qualidade de água na entrada (Q_E)

$$Q_E = 0,70^{0,25} \times 0,93^{0,25} \times 0,49^{0,25} \times 0,42^{0,25} = 0,61$$

- Qualidade de água na saída (Q_S)

$$Q_S = 0,69^{0,25} \times 0,91^{0,25} \times 0,98^{0,25} \times 0,88^{0,25} = 0,86$$

- Qualidade da água necessária (Q_N): adotou-se a nota *0,90*.

3.1.5.2 Quantidade (V)

A quantidade (V), tanto para a entrada (V_E) quanto para a saída (V_S), como já apontado, foi determinada de acordo com as medidas de vazão de entrada e saída de água da ETA, respectivamente. A seguir são apresentados os valores de (V_E), (V_S) e (V_N) para a unidade de duração dia 1 de julho de 2003.

- Quantidade de água na entrada (V_E) = 160 mil m^3 /dia.

- *Quantidade de água na saída* (V_S) = 147 mil m³/dia.
- *Quantidade de água necessária* (V_N) = 157 mil m³/dia.

A obtenção desses dois primeiros termos da equação do IETA, como já se disse, para a unidade de duração do dia 1 de julho de 2003 resultam em:

$$IETAi = \frac{(0,86 - 0,61)}{(0,90 - 0,61)} \times \frac{147}{157} = 0,81$$

Vale lembrar que o IETAi pode variar para além do intervalo entre [0,1], a exemplo do dia 5, resultando uma maior irregularidade ao longo de todo período, de sete dias.

3.1.5.3 IETA 7 DIAS

Para a obtenção do IETA em período que compreende várias unidades de duração, é necessário levar em conta o termo regularidade. A regularidade (R), cuja relevância em ser considerada já foi apontada, permite avaliar o sistema de tratamento de água quanto a sua efetividade em termos de sustentação de um fluxo de possibilidades. O aspecto da regularidade (R) é, então, obtido com a média geométrica entre R_V e R_Q . Uma média geométrica de dois valores será tanto mais baixa quanto mais esses valores se afastam um do outro.

3.1.5.4 Regularidade de quantidade (R_V)

Conforme o que está proposto na construção do IETA, a regularidade de quantidade (R_V) é calculado pelo desvio padrão verificado dividido pelo desvio padrão máximo possível. Permitindo expressar a regularidade de vazão em termos relativos, conforme *equação (3)*;

$$\Delta = \frac{\sqrt{\frac{(1 \times 147 - 1 \times 144)^2 + \dots + (1 \times 138 - 1 \times 144)^2 + (1 \times 141 - 1 \times 144)^2}{7}}}{\sqrt{\frac{(1 \times 1008 - 1 \times 144)^2 + (7 - 1)(-1 \times 144)^2}{7}}}$$

$$\Delta = 0,01$$

$$R_V = 1 - 0,01 = 0,99$$

3.1.5.5 Regularidade da qualidade (R_Q)

Para calcular a regularidade da qualidade (R_Q) com significação adequada é necessário que se determine a qualidade média da água que entra (Q_{EM}) e que sai (Q_{SM}) do sistema em todo período, ponderada pelo respectivo volume, como é apresentado a seguir nas Tabelas 3.2 e 3.3 respectivamente.

✓ Qualidade média da água na entrada (Q_{EM})

Tabela 3.3. Qualidade da água na entrada (Q_E) ponderada pelo volume de entrada (V_E).

Dia	Q_E (nota)	V_E Medida ($\times 10^3$)	Ponderação de (Q_E) pelo volume
1 jul.	0,61	160	$0,61 \times 160/1148 = 0,085$
2 jul.	0,60	158	$0,60 \times 158/1148 = 0,083$
3 jul.	0,70	158	$0,70 \times 158/1148 = 0,096$
4 jul.	0,70	166	$0,70 \times 166/1148 = 0,101$
5 jul.	0,73	168	$0,73 \times 168/1148 = 0,107$
6 jul.	0,70	170	$0,70 \times 170/1148 = 0,104$
7 jul.	0,71	167	$0,71 \times 167/1148 = 0,103$
Volume total = 1148			$Q_{EM} = 0,68$

✓ Qualidade média da água na saída (Q_{SM})

Tabela 3.4. Qualidade da água na saída (Q_S) ponderada pelo volume de saída (V_S).

Dia	Q_S (nota)	V_S Medida ($\times 10^3$)	Ponderação de (Q_S) pelo volume
1 jul.	0,86	147	$0,86 \times 147/ 1008 = 0,125$
2 jul.	0,86	146	$0,86 \times 146/ 1008 = 0,124$
3 jul.	0,86	147	$0,86 \times 147/ 1008 = 0,125$
4 jul.	0,86	146	$0,86 \times 146/ 1008 = 0,125$
5 jul.	0,93	143	$0,93 \times 143/ 1008 = 0,132$
6 jul.	0,86	138	$0,86 \times 138/ 1008 = 0,118$

7 jul.	0,87	141	$0,87 \times 141 / 1008 = 0,122$
Volume total ($\times 10^3$) = 1.008			$Q_{SM} = 0,87$

A regularidade da qualidade (R_Q) para todo o período desejado é calculada a partir da razão entre um desvio médio verificado e o maior desvio médio possível, conforme *equação (4)*.

$$R_Q = 1 - \frac{\sqrt{\frac{(0,86 - 0,87)^2 + \dots + (0,86 - 0,87)^2 + (0,87 - 0,87)^2}{7}}}{(1 - 0,68) \frac{1}{2}}$$

$$R_Q = 0,85$$

Para assegurar adequada significância aos graus de irregularidade expressos como um afastamento de um valor unitário o grau de regularidade é expresso pela *equação (2)*.

$$R = 0,85^{0,5} \times 0,99^{0,5}$$

$$R = 0,92$$

Então, da *Equação 1* e dos respectivos termos dados na Tabela 3.1 e obtidos na forma que se viu, resultam em;

$$IETA = \frac{(0,87 - 0,68)}{(0,90 - 0,68)} \times \frac{144}{157} \times 0,92$$

$$IETA = 0,73$$

SEÇÃO 4

4.1 ETAPAS EXPERIMENTAIS COMPLEMENTARES

Importa notar que durante o desenvolvimento desse trabalho de avaliar a funcionalidade e validar o Indicador de Efetividade de Tratamento de Água – IETA, algumas etapas demandaram outros procedimentos além daqueles que

diretamente implicados em alcançar os objetivos específicos propostos inicialmente. Primeiramente surgiu a falta de curvas para relacionar níveis com notas para as variáveis “cor” e “alcalinidade”.

Após algumas pesquisas bibliográficas e reflexões, estabeleceu-se relações da variável cor com a turbidez, devido às semelhanças existentes tanto entre o método avaliativo das variáveis, representados pela curva de concentração *versus* nota atribuível a concentração de cor, quanto em relação aos valores estabelecidos de acordo com a portaria 518 e o CONAMA nº 357. Dando origem a curva a seguir;

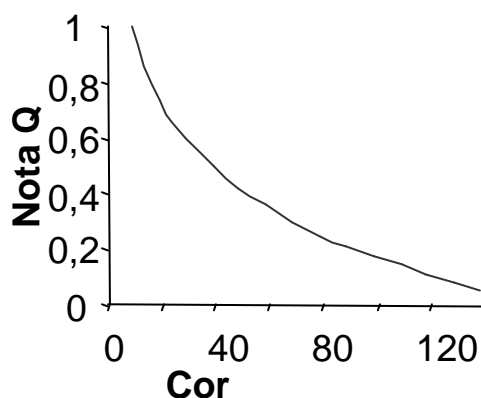


Figura 4.1. Curva desenvolvida para a variável Cor.

Para a variável alcalinidade uma curva relacionando níveis com notas foi obtida a partir da opinião de alguns técnicos da ETA em questão. Conforme sugerido, esses técnicos deveriam relacionar condições que eles considerassem péssima, ruins, regular, boa e ótima, a notas entre zero e um [0-1]. Dessa forma, obteve-se uma curva para atribuir nota aos níveis de alcalinidade levando em conta a importância dessa variável ao olhar dos técnicos responsáveis. A seguir;



Figura 4.2. Curva desenvolvida para a variável Alcalinidade.

As duas novas curvas passaram a compor o conjunto de curvas das variáveis de qualidade de água (Anexo 2).

Em relação às curvas adaptadas de PORTO (1991) e constantes em BERTUOL (2002), verifica-se certa disparidade entre essas curvas e os intervalos dos níveis determinados pela legislação pertinente. Essas curvas consideram nota máxima a valores “ideais”, enquanto que a legislação determina potabilidade a partir de valores máximos “necessários”. Isso permite aos sistemas de tratamento de água atenderem a legislação com parâmetros em níveis que tendem a notas baixas, o que reflete de forma negativa na avaliação da efetividade pelo IETA. Foi especialmente isso que ensejou a decisão de se avaliar a qualidade necessária (Q_N) arbitrariamente com nota 0,9, procurando atender a legislação sem prejudicar o sistema avaliado.

Definida a qualidade necessária (Q_N) e as curvas para a obtenção de uma nota para as variáveis selecionadas, a seguir, definiu-se a qualidade da entrada (Q_E) e a qualidade da saída (Q_S). Contudo para alguns momentos do período avaliado, tanto no ano de 2003 quanto no ano de 2005, determinadas variáveis apresentaram-se sem informações quanto ao nível de concentração, resultando na necessidade de redistribuição do peso (w_i) para as variáveis constantes naquela unidade de duração. Sendo assim, o peso para cada variável resultou, sempre, da divisão do valor unitário ($\sum w_i = 1$) pelo número de variáveis constantes em cada unidade de duração.

Outra tarefa importante foi obter as informações de quantidade de água na entrada do tratamento (V_E) e na saída (V_S), assim como determinar a quantidade necessária tratar (V_N). Quanto a esse aspecto, de quantidade (V), é importante salientar que o sistema de monitoramento de vazão de entrada de água bruta mostrou-se falho em muitos dias do período avaliado resultando, assim, em dias sem informações de vazão de entrada ou mesmo com vazão de entrada muito inferior a saída. Sendo assim, todos os dias sem informações ou com vazões de entrada menores que a de saída foram desconsiderados para os fins deste trabalho. A quantidade necessária tratar (V_N) por esta estação de tratamento do sistema integrado de abastecimento foi determinada por estimativa, conforme descrito na seção 3.

Superadas essas dificuldades verificou-se a plena funcionalidade do Indicador de Efetividade de Tratamentos de Água – IETA.

4.2 A ACEITAÇÃO DE UM NOVO OLHAR

No intuito de avaliar o grau de significação que o Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA adquire frente a diferentes categorias de interessados, apresentamos o seu operar e o seu produto para gestores e usuários da água.

A primeira apresentação foi realizada no congresso nacional da ABES. O bom desempenho do indicador, apreciado por diversos interessados presentes no congresso, ensejou novas apresentações a outros interessados. Em especial, a duas universidades, para os cursos de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Católica Dom Bosco – UCDB, Campo Grande/MS e Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis/SC.

Posteriormente, com o objetivo de verificar a aceitação do IETA e sua aplicabilidade, foram ouvidas opiniões de um grupo reduzido, mas seletivo de técnicos do meio responsáveis pela gestão e do meio que desenvolve procedimentos de operação de sistemas de tratamento de água. Foram selecionados, então, alguns gestores da Companhia Catarinense de Águas e

Saneamento – CASAN, em especial o atual presidente, assim como dois representantes do meio acadêmico, professores do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Após detalhada apresentação individual do método do IETA operando com dados “de campo” da CASAN, foram feitas duas simples e objetivas perguntas, sendo que a segunda só ocorreria frente a uma resposta afirmativa para a primeira.

- 1) Em sua opinião, há utilidade para uma construção como essa?
- 2) Para que poderia ser útil?

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a primeira pergunta, que indaga quanto à utilidade da ferramenta apresentada, o IETA foi considerado importante por unanimidade. Em seguida, como todas as respostas foram positivas, tentamos, sem qualquer indução, saber quais seriam as utilizações vislumbradas por eles para esta ferramenta.

De forma geral todos os colaboradores entrevistados apontaram para o IETA como uma importante ferramenta gerencial, capaz de orientar os responsáveis na tomada de decisões operacionais. Porém, talvez muito mais impressionados pela capacidade do algoritmo produzir um resultado do que por serem capazes de valorizar a visão que orienta o olhar de um objeto para outro. Em outras palavras, muito mais preocupados em obter um bom índice quanto ao desempenho eficaz de seus filtros - em melhorar a qualidade da água - ou ainda, com a eficiência de novas captações de água – com água de melhor qualidade - do que em perceber que os resultados produzidos pelo IETA refletem a qualidade de suas ações ao utilizarem métodos, sabidamente eficazes e eficientes.

Mesmo entre profissionais considerados de alta qualificação, ainda existem dificuldades em distinguir o que é eficiência, eficácia e efetividade em sistemas de tratamento de água. Talvez essas dificuldades não decorram dos significados léxicos dos termos, quanto decorrem da visão que orienta o mundo desses profissionais; principalmente em perceber que a possibilidade de se avaliar a efetividade do sistema remete à possibilidade de avaliar a qualidade

das relações que determinam o contexto, no qual o entendimento das relações que determinam a eficácia e a eficiência também é fundamental. Num mundo dominado pela crença no poder quase absoluto da técnica, o desafio está em apontar o poder da avaliação do desempenho humano em determinar resultados mais efetivos.

Desde que existam boas construções conceituais e metodológicas, bem fundamentadas, é possível mudar o foco sobre o meio para um olhar voltado a distinguir o bom desempenho humano em procedimentos e métodos já bem aceitos. Conforme proposto, então, essa dissertação está voltada à possibilidade não apenas de apresentar uma construção, de divulgar um método, mas principalmente, ao esforço de divulgar uma nova visão. E os resultados sobre os quais aqui se disserta podem ser importantes para novas possibilidades nesse novo olhar.

4.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Passando agora a analisar os resultados obtidos com a aplicação do IETA nos períodos de 2003 e 2005 pode-se observar claramente a efetividade do sistema, a partir de atitudes humanas voltadas para procedimentos técnicos visando técnicas eficazes e eficientes.

A aplicação do IETA seguiu a mesma metodologia tanto para o ano de 2003 quanto para o período avaliado no ano de 2005, porém apresentou notas diferentes.

A diferença entre as notas obtidas pelo IETA no mesmo período dos anos de 2003 e 2005, pode ser melhor analisada através do **gráfico 4.4.1**, em um comparativo entre os meses de abril, maio e junho de 2003 e os mesmos meses do ano de 2005. Com a obtenção do IETA semanal.

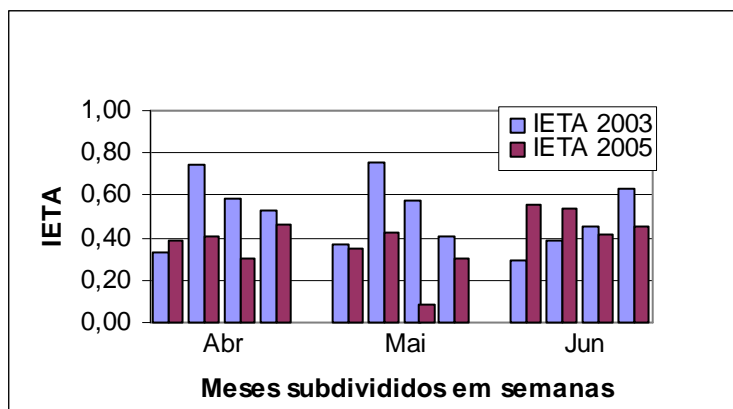


Gráfico 4.3. Comparativo do IETA semanal no mesmo período entre o ano de 2003 e 2005.

Comparando os resultados do IETA semanal no mesmo período dos anos de 2003 e 2005 percebe-se que em apenas 3 das 12 semanas, comparativamente, o resultado do IETA apresenta-se melhor no ano de 2005. Fato que vem a ratificar as observações feitas anteriormente, em que, mesmo a ETA recebendo água bruta de melhor qualidade a efetividade do tratamento piorou, verificado no resultado a que se propõe a ETA, de melhorar a qualidade da água, tornando-a potável.

Analisando cuidadosamente este comparativo fica evidente que a efetividade da ETA não apresentou uma melhora para este período, o que ratifica a preocupação com a eficiência da ETA José Pedro Horstmann e desqualifica a justificativa de que o problema das grandes flutuações para qualidade e quantidade da água de saída estaria ligado apenas à qualidade da água de entrada (água bruta). Conforme exposto por técnicos e usuários, quando questionados sobre os principais problemas desta ETA. Atribuindo a má qualidade do sistema a qualidade da água bruta. Ao relatarem, muitas vezes, que: “em períodos de chuva, ocasionava, posteriormente, alguns períodos sem água na rede de abastecimento público. Decorrentes da falta de eficiência do sistema de tratamento”. Pode-se até mesmo aceitar tal justificativa, porém, a questão levantada pelo IETA é que, com tais melhorias eficazes e eficientes o desempenho verificado deveria ser sempre melhor, nunca o mesmo ou ainda inferior.

O IETA demonstrou ser uma ferramenta de fácil aplicação e que pode auxiliar na identificação de pontos falhos na operação de processo de tratamento de água. Desta maneira, a ETA pode analisar cada período e identificar os problemas ocorridos, a fim de melhorar o seu desempenho e principalmente o desempenho dos gestores ao operar o sistema de tratamento de água.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como primeira intenção avaliar a operacionalidade e significação do IETA, ou seja, avaliar uma ferramenta conceitual e metodologicamente voltada à avaliação da efetividade em uma intenção humana: tratar, corrigir ou recompor características de água e efluentes. A segunda intenção foi identificar possibilidades de uso para esta ferramenta a partir da opinião de um seletivo grupo de entrevistados.

É importante notar que o IETA não estabelece, “a priori”, quais são as variáveis qualitativas da água que devam ser levadas em conta. Haverá sempre que se considerar o contexto do sistema de tratamento de água, no qual haverá uma competência técnica orientadora, - normalmente representada por sanitaristas -, que definirá as variáveis a partir das quais determinados aspectos do IETA são obtidos. A flexibilidade na determinação dessas variáveis a serem avaliadas, assim como do peso relativo de cada uma delas na determinação da qualidade, permitirão que a metodologia seja fácil e amplamente implementada tanto em estações de tratamento de água quanto de efluentes.

Dado o pressuposto de que as estações de tratamento de água devam ser capazes de disponibilizar água com qualidade adequada e regularmente - apesar das variações de características da água bruta - o IETA revela-se um índice que de fato classifica o desempenho do subjetivo humano ao objetivamente avaliar a efetividade de estações de tratamento de água. O índice obtido permite aos gestores dos sistemas de abastecimento comparar o desempenho das estações de tratamento e, por conseguinte, dos seus

responsáveis e operadores. Como lembrou um dos entrevistados, o IETA pode ser aplicado a uma estação de tratamento “modelo”, de excelente desempenho, e então sua nota (IETA) poderia ser utilizada como parâmetro de referência, permitindo que qualquer estação de tratamento tenha seu desempenho devidamente situado em relação ao desempenho de outras estações, ou então acompanhar a evolução de seu desempenho ao longo do tempo.

A convergência entre a percepção manifestada pelos entrevistados e abordagem que orienta a construção conceitual e metodológica desse indicador, convence o autor deste trabalho de que a avaliação da efetividade de estações de tratamento de água proposta pelo IETA, pode tornar-se uma ferramenta estratégica e efetiva na valorização do bom desempenho humano na operação de sistemas de tratamento de água, visando melhorar a disponibilidade desse importante recurso.

Foi unânime a concordância dos diversos consultados quanto à efetividade desta ferramenta como um indicador simples, capaz de auxiliar na gestão de sistemas de tratamento de água. Assim, seja pela operacionalidade que se verifica em sua aplicação, ou seja pela simplificação que adquire ao olhar de autoridades no assunto, o IETA pode sim ser reconhecido como um importante instrumento de gestão da disponibilidade de água, sua performance é distintiva especialmente por avaliar o desempenho global da estação, ou seja considerando simultaneamente e adequadamente os aspectos qualidade, quantidade e regularidade de fluxos, tanto na entrada quanto na saída do sistema de tratamento de água.

Conforme sugere essa dissertação, a opção por valorizar as possibilidades em um indicador de efetividade como o IETA justifica-se, especialmente pela importância ou mesmo necessidade de se melhorar a efetividade de estações de tratamento de água. Isso é ainda mais verdadeiro quando se constata que um indicador com a significação revelada pelo IETA pode ser derivado a partir de variáveis corriqueiramente mensuráveis, sistematizados em relações análogas aquelas já bem compreendidas no mais sólido princípio da física, a saber: o Segundo Princípio da Termodinâmica.

Através de uma nota, compreensível mesmo para o leigo, o IETA representa a qualidade das relações ambientais estabelecidas com a água a partir das intenções humanas em dispor e gerir estações de tratamento.

Para concluir, observou-se que uma construção como o IETA pode ser um primeiro passo para o novo olhar, que se quer valorizar: que o ser humano deixe de apontar problemas no meio e passe a se perceber no centro dos problemas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.C.S. (2001) **Ferramenta para a análise de desempenho ambiental e amparo à melhoria contínua**, Blumenau, FURB. (Dissertação de Mestrado).

ANTON S. L. **Medida de convergência entre interesses: Indicador de Sustentabilidade em Planejamento Participativo** Florianópolis, 2004. 73p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade federal de Santa Catarina.

AZEVEDO, J. M. N. et. al. 1987. **Técnica de abastecimento e tratamento de água**. 2. ed São Paulo: CETESB/ ASCETESB. 550p.

BERTUOL, O. **A quantificação da qualidade do uso da água: elemento para promoção do bom desempenho ambiental**. Florianópolis, 2002. 135p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade federal de Santa Catarina.

BIO - Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. **Metas para o Milênio em risco** – Ano XV – nº 34 – abril/junho. Rio de Janeiro/RJ: ABES, 2005. p22.

BNDES. **Gestão de recursos hídricos**. *Informes de Infra-Estrutura*, n.º 5, dez.1996. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/conhecimento/revista/rev806> Acesso em: 21 de agosto de 2004.

BOLLMANN, H. A. ; SAMWAYS, G. **O Uso de Instrumentos não Comensuráveis para Avaliar a Qualidade das Águas**. In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003, Joinville. Anais do Evento. Rio de Janeiro : Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2003. v. 1. p. 423-423.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. SNIS – **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto, Brasília. 2003.

BRAGA, R. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional** - Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal - Deplan- UNESP- IGCE-, 2003. 131p.

CETESB (1998). **Proposta de revisão do Índice de Preservação da Vida Aquática – IPA e do Índice de Qualidade das Águas para Fins de Abastecimento Público - IPA**. USP. CETESB São Paulo.

COSTA, S. S. (2005) **Indicadores epidemiológicos aplicáveis a estudos sobre a associação entre saneamento e saúde de base municipal**: Revista Engenharia Sanitária e Ambiental / Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – Vol. 10 – nº2 abr/jun – Rio de Janeiro/RJ : ABES, p 118-127.

D'AGOSTINI, L. R. e outros. **Indicador de Efetividade de Tratamento de Água - IETA**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, Campo Grande. Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro : CIP, 2005.

DESCARTES, R. **Discurso do método** : Meditações : Objeções e respostas : As paixões da alma ; Cartas. São Paulo: Abril Cultural, 1973. 336p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA – **pesquisas** – 2004. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em: 21 de agosto de 2004.

KARR, J.R. e CHU, E.W. **Restoring life in running waters: better biological monitoring**, Island Press Ed., Waschington DC, 1999, 206p.

LOBO, L. Saneamento Básico: em busca da universalização/ Luiz Lobo sp. – Brasília: Ed. Do Autor, 2003. 228p.

LOPES V. C.; LIBÂNIO M. **Proposição de um Índice de Qualidade de Estações de Tratamento de Água (IQETA)** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental – Vol. 10 – nº4 – Rio de Janeiro/RJ : ABES, p 318-328, out./dez 2005.

MELLO, N. Ap. de “**Crescimento urbano e comprometimento ambiental**”, Geosul, Florianópolis, vol. 11 (21-22): 1000-103, 1, 2^o semestre, 1996.

ONU - Organização das Nações Unidas – 1997. **Disponibilidade de água para consumo doméstico**. Disponível em: www.eco.unicamp.br. Acesso em: 21 de agosto de 2004.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE - OMS *apud* VON SHIRNDING, E.R. (1998). Indicadores para o estabelecimento de políticas e a tomada de decisão em saúde ambiental. **Minuta para Discussão na Oficina de Indicadores de Saúde e Monitoramento Ambiental**. Organizado e coordenado pelo CNEPI/FUNASA e OPAS, Rio de Janeiro – Agosto/1998, 97p.

PIAZERA, E. M. **O conceito de ambiente e o monitoramento ambiental em agroecossistemas**. 2001, 88p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PORTO, M. F. A. **Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição**. In: Porto, R. L. *et al. Hidrologia Ambiental*. São Paulo, Edusp, 1991, 411p. Parte III.

THAME, A. C. M. Fundamentos e antecedentes. In: Thame, A. C. M. (org.) **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo: IQUAL, 2000. 254p.

VEIGA, J. E. **Nem tudo é urbano**. Ciência e Cultura, S.Paulo, SP Brasil, v. 56, n. 2, p. 26-29, 2004.

ANEXOS

Anexo 1

INDICADOR DE EFETIVIDADE DE TRATAMENTO DE ÁGUA - IETA

Uma ferramenta para gestão do uso da água

(Versão preliminar apresentada e publicada nos Anais do 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental)

Luiz Renato D'Agostini

Eng. Agrônomo.; Doutor em Física do Solo (UFRGS); Professor Adjunto (UFSC)

Alfredo Celso Fantini

Eng. Agrônomo; PhD em Ciências (University of Wisconsin); Professor Adjunto (UFSC)

Neif Salim Neto

Eng. Sanitarista e Ambiental; Mestrando em Agroecossistemas (UFSC)

Endereço⁽¹⁾: UFSC/CCA/ENR – C.P. 476 – 0xx48 3315429 - dagostin@mbox1.ufsc.br Florianópolis SC

RESUMO

A noção de efetiva disponibilidade de água e a noção de efetividade de tratamento de água são tomadas como expressão de produtos entre qualidades Q, quantidades V e regularidade R de fluxos de água. A qualidade Q e a quantidade V são caracterizadas a partir de procedimentos correntes. A expressão de regularidade na qualidade e na quantidade é obtida a partir da caracterização do grau de afastamento de regimes estacionários. Sistematizado em concordância com a equação da continuidade, o produto entre qualidades Q, quantidade V e regularidade R resulta em objetivas medidas da efetividade de ações voltadas à sustentação do fluxo de possibilidades a partir de água disponível.

PALAVRAS-CHAVE: indicador, tratamentos de água, qualidade de água.

INTRODUÇÃO

É comum na bibliografia a manifestação da intenção de permitir ao leitor uma noção da restrita proporção da quantidade de água que os humanos podem dispor. Por isso são recorrentes as informações sobre quantidades de águas salgada, doce, congelada, superficial e subterrânea (Gleick, 2003; Maidment 1992; Rebouças *et al.* 1999; United Nation, 1997). Todavia, assim como a efetividade da disponibilidade de recursos financeiros remete mais ao regime de um fluxo de caixa do que a um valor de saldo bancário, a disponibilidade de água é um conceito que remete mais a um fluxo de possibilidades do que a uma quantidade. Quase nada se pode fazer com bastante água sem um mínimo de qualidade; pouco significa dispor de água boa em quantidade insuficiente; e são limitadas as possibilidades a partir de água que somente resulte disponível sem regularidade na qualidade ou na quantidade.

A avaliação da efetividade em tratamentos de água tem sido principalmente referente à efetividade do tratamento em melhorar a sua qualidade (p. ex. Gary, 2003; Neal *et al.*, 2000) ou associar quantidades com qualidade (p. ex. Håkanson *et al.* 2000). Todo tratamento de água é, em última instância, recomposição de potencial de possibilidades a partir de água disponível. Melhorar a qualidade da água certamente é um aspecto fundamental para a recomposição de um potencial de possibilidades. Mas como já se apontou, essas possibilidades são produto de relações entre quantidades V, qualidades Q e regularidade R de acesso e de características da água. A efetividade de um procedimento de tratamento de

água remete, portanto, a um produto de relações entre quantidades V, qualidades Q e de sua regularidade R.

Mesmo que a quantidade, a qualidade e a regularidade sejam entre si distintas e quase sempre tratadas separadamente, a noção de efetividade de procedimentos que as afetem é uma noção indissociável de um produto de relações entre elas. O objetivo neste trabalho é, assim, obter uma expressão da efetividade de sistemas de tratamentos de água, simultaneamente levando em conta a quantidade, a qualidade e a regularidade nessa quantidade e nessa qualidade de água.

ELEMENTOS DA PROPOSIÇÃO

Para sistematizar uma objetiva medida da efetividade de tratamentos de água, importa considerar, simultaneamente, sete aspectos e garantir uma condição, todos a saber:

- qualidade de água necessária ou desejada (Q_N);
- qualidade de água que entra no sistema de tratamento (Q_E);
- qualidade de água que sai melhorada do sistema de tratamento (Q_S);
- quantidade de água que entra no sistema de tratamento (V_E);
- quantidade de água que é necessário tratar (V_N);
- quantidade de água que sai com qualidade Q_S do sistema de tratamento (V_S);
- regularidade de fluxos e de características da água (R);
- garantir compatibilidade dimensional no produto de relações envolvendo qualidades, quantidades e graus de regularidade.

A obtenção da qualidade Q da água não será discutida aqui. Procedimentos como aqueles descritos em

Porto (1991) ou em Rizzi (2001) para obtenção de índices de qualidade de água já são bem conhecidos. Nesses procedimentos a qualidade Q resulta com valores que vão de 0 (zero) a 100. Então, como é do interesse neste artigo, essa qualidade sempre poderá ser dividida por 100 e expressa como um índice contido no intervalo [0, 1]. A quantidade V, por sua vez, será sempre expressa como vazão (L^3/T) e em unidades apropriadas. O fator regularidade R será caracterizado mais adiante. Admita-se, ainda e por ora, que se possa assegurar compatibilidade dimensional à matematização de relações entre Q, V e R, de forma que se possa escrever

$$\text{Efetividade tratamento} = f(Q \times V \times R). \quad \text{equação (1)}$$

SISTEMATIZAÇÃO DAS RELAÇÕES

O resultado objetivo do tratamento de água é uma mudança de qualidade que se verifica em determinada quantidade de água, ou seja,

$$\text{Resultado do objetivo} = (Q_S - Q_E) V_S \quad \text{equação (2)}$$

em que Q_E é a qualidade da água que entrou no sistema de tratamento e V_S é a quantidade de água que saiu com qualidade Q_S .

Um resultado verificado é, por definição, uma fração do resultado máximo possível. O resultado idealmente possível num processo de tratamento de água corresponde a toda a quantidade V_E , que entra no sistema de tratamento com qualidade Q_E , poder sair com a qualidade necessária Q_N , ou seja,

$$\text{Resultado potencial} = (Q_N - Q_E) V_E. \quad \text{equação (3)}$$

Do que se observa por experiência e está imposto pelo Segundo Princípio da Termodinâmica, não se pode verificar um potencial integralmente convertido em resultado útil. Em outras palavras, o potencial ($Q_N -$

$Q_E)V_E$ não pode ser todo convertido em resultado objetivo $(Q_S-Q_E)V_S$, em face de um custo entrópico associado em todo processo real, ou seja

$$\text{Custo entrópico associado} = (V_E - V_S) Q_L \quad \text{equação (4)}$$

em que Q_L é a qualidade no fluido residual (lodo, por exemplo, que define a diferença entre a quantidade V_E que entrou e a quantidade V_S que saiu do sistema).

Combinando as Equações (2), (3) e (4) na Equação da Continuidade, tem-se:

$$(Q_S-Q_E)V_S = (Q_N-Q_E)V_E - Q_L(V_E-V_S). \quad \text{equação (5)}$$

O resultado objetivo $(Q_S-Q_E)V_S$ quanto o custo entrópico associado $Q_L(V_E-V_S)$ são frações do mesmo potencial $(Q_N-Q_E)V_E$. Então, desde que $(Q_N-Q_S) \geq 0$ e $(Q_N-Q_E)V_E > 0$,

$$\frac{(Q_S - Q_E)V_S}{(Q_N - Q_E)V_E} = \frac{(Q_N - Q_E)V_E}{(Q_N - Q_E)V_E} - \frac{(V_E - V_S)Q_L}{(Q_N - Q_E)V_E} \quad \text{ou}$$

$$\frac{(Q_S - Q_E)V_S}{(Q_N - Q_E)V_E} = \frac{(Q_N - Q_E)V_E}{(Q_N - Q_E)V_E} - \frac{(V_E - V_S)Q_L}{(Q_N - Q_E)V_E} \quad \text{equação (6)}$$

Os termos à direita do sinal de igualdade – a unidade menos uma fração – definem a fração do resultado potencial (Equação 3) convertida em resultado objetivo (Equação 2), permitindo rescrever (6) como um resultado relativo, ou seja,

$$\frac{(Q_S - Q_E)V_S}{(Q_N - Q_E)V_E} = k \quad \text{equação (7)}$$

em que a fração k é um coeficiente de eficiência na conversão de um potencial em um resultado. Importa notar que independentemente das unidades que a qualidade Q e a quantidade V sejam expressas, está assegurada a compatibilidade dimensional na Equação (7).

Falta agora levar em conta a quantidade de água que é necessário tratar (V_N) e o grau de regularidade (R) da quantidade e da qualidade de água tratada. Considerar a quantidade de água que é necessário tratar (V_N) contextualiza a eficiência apontada em (7). Enfim, pouco poderia significar uma elevada proporção da água que entra no sistema de tratamento (V_E) resultar com a qualidade necessária (Q_N), se essa quantidade V_E é muito inferior à quantidade V_N que demanda ser tratada. Então, para que essas relações resultem consideradas na expressão de um resultado que leva em conta as quantidades de água envolvidas e que demandam ser envolvidas no processo,

$$k_v = \frac{(Q_S - Q_E)V_S}{(Q_N - Q_E)V_E} \times \frac{V_E}{V_N}$$

ou

$$k_v = \frac{(Q_s - Q_e) V_s}{(Q_n - Q_e) V_n} \quad \text{equação (8)}$$

em que k_v é um coeficiente de efetividade de resultados de melhoria da qualidade de água, quando consideradas a quantidade de água a tratar e aquela efetivamente tratada.

O TERMO REGULARIDADE R

O termo R tanto deve referir-se à regularidade na quantidade quanto à regularidade nas características da água tratada. Para um sistema de tratamento de água para consumo humano, por exemplo, a regularidade na quantidade e na qualidade é importante pela necessidade de regularidade de suprimento de água com determinadas características e com o menor armazenamento possível. No caso de efluentes com características ainda indesejáveis, a regularidade na qualidade e nos fluxos é importante para favorecer o estabelecimento de condições de homeostase no meio receptor.

A noção de regularidade de um fluxo remete à noção de graus de afastamento de um regime estacionário de um processo. Quanto mais regular no tempo for o resultado objetivo de um sistema de tratamento de água, maior será sua efetividade em termos de sustentação de um fluxo de possibilidades. Para caracterizar o grau de regularidade da quantidade a partir de um regime de vazão, é necessário identificar valores limites ou referenciais para a amplitude de flutuações dessa vazão. A amplitude da flutuação de vazão seria mínima (nula) quando a vazão de saída (V_s) do sistema de tratamento fosse constante. A amplitude seria máxima quando toda a quantidade de água envolvida num processo ao longo de um período fluísse em uma única unidade de duração de tratamento.

Para determinada quantidade de água tratada ao longo de um dado período, as durações das flutuações de vazão V necessariamente tendem a serem menores quanto maiores forem as respectivas amplitudes de flutuação. Por isso a amplitude e a duração de uma flutuação de vazão de água tratada têm significados ambientais indissociáveis. Assim, vazões de saída V_{s_i} ao longo de durações D_i ($i=1,2,...,n$) e diferentes de uma vazão média de saída V_{sm} caracterizam um regime de vazão com desvios. A vazão média de saída V_{sm} ao longo do período considerado é a razão entre todo o volume de água tratada e o número de unidades de duração D (dia, semana...) contidas nesse período. Um regime de vazão com desvios, por sua vez, pode ser comparado ao regime de máxima flutuação possível, permitindo expressar a regularidade de vazão em termos relativos e, portanto, para qualquer magnitude de vazões de água tratada. Como já foi apontado, essa flutuação máxima possível no regime de vazão resulta caracterizada quando todo o volume de água flui em uma única unidade de duração D no período de avaliação.

Desvio de regime é, por definição, expressão de um afastamento de um regime referencial. Um desvio relativo de regime pode, então, ser caracterizado a partir da razão entre um desvio médio verificado e o maior desvio médio possível no regime de vazões de um determinado volume de água num determinado período de tempo. O desvio relativo Δ do regime do produto duração x amplitude de uma flutuação de vazão pode então ser dado como

$$\Delta = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i \cdot V_{s_i} - D_i \cdot V_{sm})^2}}{\sqrt{\frac{\left(\sum_{i=1}^n D_i \cdot V_{s_i} - D_i \cdot V_{sm}\right)^2}{n} + (n-1)(-D_i \cdot V_{sm})^2}} \quad \text{equação (9)}$$

em que Δ , tal que $0 \leq \Delta \leq 1$, é o desvio do regime, D_i é a i ésima unidade de duração unitária (dia, semana...) ao longo da qual ocorre uma vazão V_{s_i} , enquanto V_{sm} é vazão média no período de n unidades de duração. Desde que mantido em mente que n é referente à n ésima unidade de duração D , e não à medida

da vazão V , os termos unitários D_i podem ser omitidos na Equação (9). Ocorre que, uma vez definida a periodicidade da medida de vazão, fica também definida a extensão da unidade de duração.

Como já foi apontado, o desvio dado em (9) caracteriza um grau de irregularidade relativa. Assim, um grau de regularidade de vazões R_V verificado pode ser dado como

$$R_V = 1 - \Delta \quad \text{equação (10)}$$

Diferente do regime de vazão, no regime da qualidade Q a amplitude máxima de variação de qualidade sempre estará contida no intervalo $[0, 1]$. Num processo cujo efeito é a melhoria da qualidade da água, essa amplitude máxima fica restrita ao intervalo $[1 - Q_E]$, ou seja, à diferença entre a qualidade considerada como máxima e a qualidade da água a tratar. Então, desde que $Q_E < 1$, para expressar um grau de regularidade a partir da razão entre um desvio médio verificado e o maior desvio médio possível,

$$R_Q = 1 - \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^k (Q_{Sj} - Q_{Sm})^2}{k}}}{(1 - Q_{Em}) \frac{1}{2}} \quad \text{equação (11)}$$

em que R_Q é o grau de regularidade de qualidade, k é a enésima unidade de duração unitária (dia, semana...) ao longo da qual se considera ocorrer uma qualidade Q_{Sj} , enquanto que Q_{Em} e Q_{Sm} são, respectivamente, qualidade média da água que entra e que sai do sistema no período considerado. Para a obtenção de qualidades representativas no volume de água envolvido, a qualidade Q em cada um dos j ($j=1, 2, \dots, k$) intervalos de duração e em todo o período deve ser ponderada pelo respectivo volume, como é exemplificado no Quadro 1.

Quadro 1. Definição do valor médio da qualidade da água que entra no sistema (Q_{Em})

Dia	Q_E medida	$V_E (L^3/T)$ Medida	Ponderação de Q pelo volume
1	0,2	100	$0,2 \times 100 / 400 = 0,05$
2	0,4	110	$0,4 \times 110 / 400 = 0,11$
3	0,4	110	$0,4 \times 110 / 400 = 0,11$
4	0,2	80	$0,2 \times 80 / 400 = 0,04$
Volume total (L^3) = 400			$Q_{Em} = 0,31$

Exceto em condições especiais, a regularidade na qualidade tende a ser prioritária em relação à regularidade na vazão. As Equações (10) e (11) já contemplam essa diferença de prioridade, especialmente por força do limitado domínio (intervalo de valores) do denominador da segunda. Contudo, pouco significaria um elevado grau de regularidade em um dos aspectos (qualidade ou quantidade) se em relação ao outro ocorrer uma irregularidade muito acentuada. Uma forma de assegurar adequada significância aos graus de irregularidade expressos como um afastamento de um valor unitário é obter um grau de regularidade expresso como a média geométrica entre R_V e R_Q . Ocorre que a média geométrica de dois valores tende a ser mais baixa quanto mais esses valores se afastam um do outro. Assim,

$$R = \sqrt[5]{R_0} \cdot \sqrt[5]{R_0} \quad \text{equação (12)}$$

em que R é o termo de regularidade apontado na Equação (1).

A expressão da efetividade de um sistema de tratamento então será, como já estava apontado na Equação (1), resultado do produto entre termos referentes às relações entre qualidades Q , entre quantidades V e regularidade R , ou seja, combinando as Equações (8) e (12),

$$IETA = \frac{(Q_S - Q_E)}{(Q_N - Q_E)} \cdot \frac{V_S}{V_N} \cdot R \quad \text{equação (13)}$$

em que IETA é Indicador da Efetividade do Tratamento da Água. Enfatiza-se que o IETA não é apenas uma medida da eficácia de determinado processo de depuração de água, mas uma medida da efetividade desse processo e principalmente da efetividade de práticas humanas em sua implementação.

Para a obtenção do IETA em uma única unidade de duração do processo de tratamento, os valores de qualidade Q e de vazão V são os valores medidos naquela unidade de duração, enquanto que o termo R é então igual a 1, visto que para uma única unidade de duração não se pode reconhecer flutuações daqueles valores. Para a obtenção do IETA para um período de tempo de várias unidades de duração, os valores de Q a serem aplicados ao primeiro termo da Equação (13) serão valores médios ponderados às quantidades V , conforme exemplificado no Quadro 1, enquanto que o termo regularidade R é então definido conforme as Equações (9) a (12).

RESULTADOS DA SISTEMATIZAÇÃO E CONSIDERAÇÕES

Um indicador de efetividade de tratamentos de água não visa à predição de resultados, mas sim a avaliação de desempenho na produção de resultados que se possa medir. Assim, não cabe pretender validar o sistema de relações aqui sistematizado a partir de sua simples aplicação e obtenção de resultados experimentais, e sim procurar validá-lo a partir da pertinência do resultado que ele produz para uma gama de resultados possíveis. No Tabela 2 são apresentados alguns cenários de combinações $Q \times V \times R$ e respectivos valores do IETA.

Valores do IETA ao longo de um período de várias unidades de duração sempre estarão contidos no intervalo $[0, 1]$. Já para uma única unidade de duração, o IETA tanto poderá estar contido naquele intervalo, quanto poderá assumir valores acima da unidade, ou mesmo negativos. Note-se que, por exemplo, em uma determinada unidade de duração a vazão pode ser maior do que a vazão média necessária no período (dias 4 e 12 do Tabela 2). Isso implica um IETA maior do que a unidade para aquela duração sempre que a qualidade de saída Q_S seja igual à unidade. Um valor negativo (dia 11) evidentemente é menos provável em um processo que se reconheça como tratamento, mas pode ocorrer se em uma unidade de duração e por qualquer motivo a qualidade de saída Q_S resultar inferior à qualidade de entrada Q_E . Todavia, desde que o processo possa ser caracterizado como um processo de tratamento, ou seja, de melhoria da qualidade da água, o IETA para todo o período (0,63), obtido a partir de valores médios ponderados, necessariamente estará contido no intervalo $[0, 1]$, independentemente de se em determinadas unidades de duração do processo ele assuma valores externos a esse intervalo. Assim, tanto pode-se obter um indicador de desempenho geral entre diferentes sistemas de tratamento ao longo de um período, quanto do desempenho de determinado sistema de tratamento em diferentes momentos ao longo desse período.

Mesmo que a Tabela 2 permita considerar somente um número reduzido de cenários, os valores do IETA correspondentes às condições em cada duração e em todo o período permitem verificar objetividade, coerência e sensibilidade intencionadas nas relações propostas.

Tabela 2. Valores do IETA para diferentes durações D_i (dia) e para o período de n durações.

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S	V _N	IETA _i
1	0,2	1,0	1	10	10	1,00
2	0,4	0,9	1	10	10	0,83
3	0,1	0,9	1	10	10	0,89
4	0,1	1,0	1	11	10	1,10
5	0,1	1,0	1	10	10	1,00
6	0,1	1,0	1	10	10	1,00
7	0,3	0,8	1	10	10	0,71
8	0,5	1,0	1	10	10	1,00
9	0,5	0,8	1	10	10	0,60
10	0,3	1,0	1	7	10	0,70
11	0,5	0,4	1	10	10	-0,20
12	0,1	1,0	1	12	10	1,20
13	0,2	1,0	1	10	10	1,00
14	0,3	1,0	1	6	10	0,60
	Q _{Em}	Q _{Sm}		Volume total		
	0,26	0,91		136	140	
	R _Q	R _V	Vazões médias			
	0,57	0,96	V _{Sm}	V _{Nm}		
	R		9,7	10	IETA	
	0,74				0,63	

Ou seja,

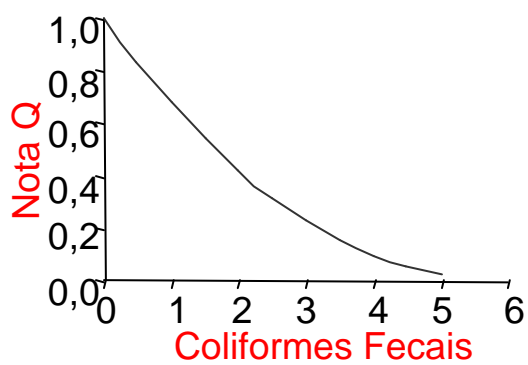
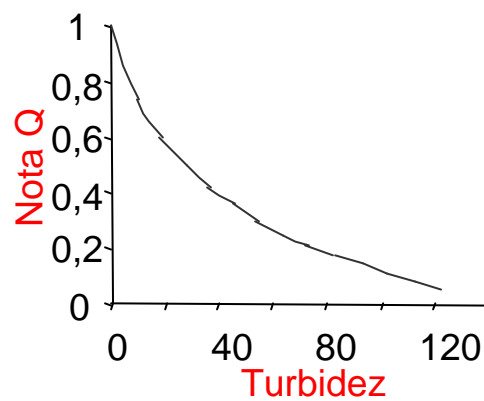
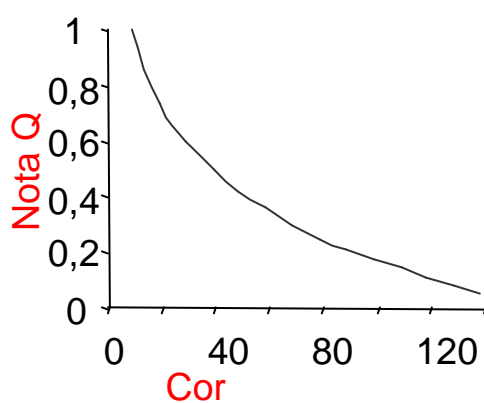
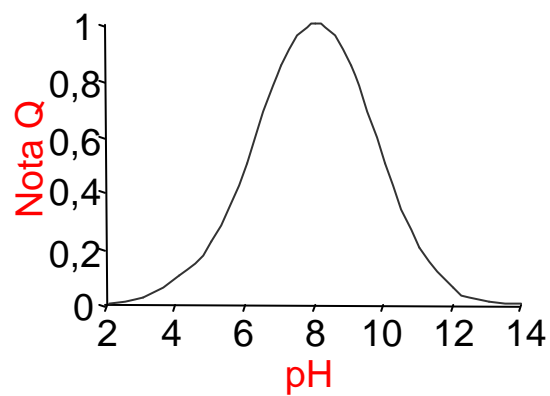
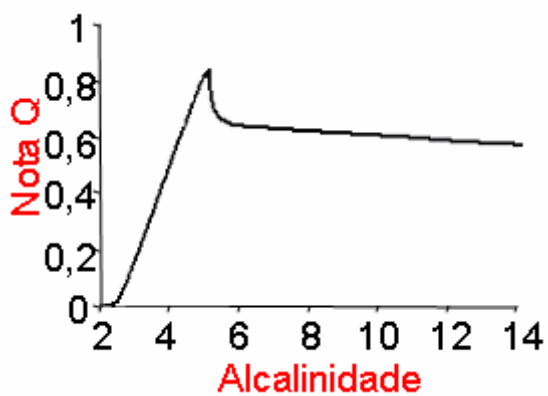
$$IETA = \frac{(0,91 - 0,26)}{(1,0 - 0,26)} \left(\frac{9,7}{10} \right) (0,74) = 0,63$$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GARY, W. B. The use of organo-clays in water treatment. *Applied Clay Science*, v.24, n.1-2, p.11–20, 2003.
2. GLEICK, P. H. Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st Century. *Science*, v.302, n.5650, p.1524-8, 2003.
3. HÅKANSON, L.; PAPAROV, A. & HAMBRIGHT, K.D. Modelling the impact of water level fluctuations on water quality (suspended particulate matter) in Lake Kinneret, Israel. *Ecological Modelling*, v.128, n.2-3, p.101-25, 2000.
4. MAIDMENT, R. D. (Ed.) *Handbook of hydrology*. New York: McGraw-Hill. 1992. Cap. 1
5. NEAL, C.; HOUSE, W. A.; LEEKS, G.J.L.; WHITTON, B.A.; WILLIAMS, R.J. Conclusions to the special issue of Science of the Total Environment concerning 'The water quality of UK rivers entering the North Sea'. *Science of the Total Environment concerning*, v.251/252, n.1, p. 557-732000.
6. PORTO, M.F.A. Estabelecimento de parâmetros de controle da poluição. In: Porto, R. L. *et al. Hidrologia ambiental*. São Paulo: Edusp, 1991.
7. REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J. G. *Águas doces no Brasil*. São Paulo: Escrituras Editora, 1999. Cap.1.

Anexo 2

Quadro de curvas das relações entre concentração ou níveis de parâmetros e a média de nota correspondente as variáveis do aspecto da qualidade da água (Q).



Anexo 3

Valores do IETA diários, semanais e mensais referentes a todo o período avaliado, do ano de 2003.

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/jan	0,59	0,90	0,9	130	157	155	0,83
17/jan	0,59	0,89	0,9	143	157	154	0,88
18/jan	0,59	0,86	0,9	139	157	154	0,78
19/jan	0,00	0,85	0,9	137	157	155	0,83
20/jan	0,63	0,91	0,9	144	157	155	0,94
21/jan	0,59	0,89	0,9	145	157	155	0,89
22/jan	0,60	0,91	0,9	150	157	154	0,97
IETA semanal							0,83

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
24/jan	0,00	0,89	0,9	145	157	153	0,91
25/jan	0,59	0,92	0,9	144	157	153	0,98
26/jan	0,60	0,86	0,9	131	157	154	0,73
27/jan	0,63	0,90	0,9	140	157	150	0,90
29/jan	0,61	0,88	0,9	150	157	155	0,88
30/jan	0,60	0,84	0,9	149	157	157	0,77
IETA semanal							0,83

IETA mensal	0,82
-------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/fev	0,59	0,86	0,9	145	157	157	0,82
2/fev	0,61	0,86	0,9	133	157	158	0,74
3/fev	0,59	0,73	0,9	144	157	158	0,41
4/fev	0,59	0,92	0,9	157	157	160	1,05
5/fev	0,58	0,75	0,9	151	157	161	0,52
6/fev	0,61	0,86	0,9	157	157	162	0,87
7/fev	0,59	0,86	0,9	152	157	161	0,83
IETA semanal							0,62

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/fev	0,60	0,86	0,9	150	157	163	0,84
9/fev	0,00	0,59	0,9	147	157	168	0,61
10/fev	0,00	0,67	0,9	137	157	158	0,65
11/fev	0,00	0,51	0,9	85	157	124	0,31
12/fev	0,00	0,64	0,9	112	157	164	0,51
13/fev	0,00	0,66	0,9	112	157	134	0,52
14/fev	0,00	0,67	0,9	142	157	163	0,67
IETA semanal							0,52

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
15/fev	0,00	0,71	0,9	141	157	150	0,70
16/fev	0,00	0,71	0,9	138	157	168	0,69
17/fev	0,00	0,56	0,9	142	157	166	0,56

Continuação...

21/fev	0,00	0,74	0,9	133	157	167	0,69
						IETA semanal	0,61

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
22/fev	0,00	0,59	0,9	154	157	162	0,64
23/fev	0,59	0,72	0,9	144	157	161	0,39
24/fev	0,58	0,64	0,9	152	157	162	0,17
25/fev	0,57	0,78	0,9	153	157	166	0,63
26/fev	0,00	0,68	0,9	156	157	167	0,75
						IETA semanal	0,52

IETA mensal	0,53
-------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
2/mar	0,00	0,74	0,9	150	157	151	0,78
3/mar	0,61	0,76	0,9	145	157	151	0,47
4/mar	0,00	0,63	0,9	140	157	152	0,62
5/mar	0,00	0,57	0,9	139	157	154	0,57
6/mar	0,00	0,45	0,9	123	157	151	0,39
						IETA semanal	0,50

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/mar	0,00	0,61	0,9	128	157	144	0,55
12/mar	0,00	0,66	0,9	133	157	144	0,62
13/mar	0,00	0,69	0,9	134	157	138	0,66
14/mar	0,00	0,52	0,9	132	157	136	0,49
						IETA semanal	0,54

IETA mensal	52,00
-------------	--------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
2/abr	0,00	0,64	0,9	125	157	151	0,57
5/abr	0,60	0,87	0,9	150	157	151	0,86
6/abr	0,71	0,73	0,9	146	157	155	0,11
						IETA semanal	0,49

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
9/abr	0,59	0,89	0,9	152	157	156	0,93
10/abr	0,68	0,88	0,9	152	157	158	0,87
11/abr	0,62	0,90	0,9	150	157	152	0,96
13/abr	0,63	0,89	0,9	142	157	145	0,88
						IETA semanal	0,89

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/abr	0,76	0,86	0,9	151	157	152	0,65
17/abr	0,60	0,86	0,9	152	157	154	0,85
18/abr	0,72	0,88	0,9	149	157	159	0,85
19/abr	0,70	0,85	0,9	138	157	156	0,69
20/abr	0,60	0,86	0,9	132	157	158	0,73
21/abr	0,00	0,86	0,9	131	157	151	0,80
						IETA semanal	0,78

Continuação...							
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
25/abr	0,58	0,90	0,9	150	157	164	0,94
26/abr	0,59	0,86	0,9	156	157	164	0,86
27/abr	0,56	0,73	0,9	147	157	167	0,45
28/abr	0,00	0,86	0,9	144	157	166	0,88
29/abr	0,00	0,55	0,9	140	157	169	0,55
30/abr	0,00	0,68	0,9	146	157	170	0,70
						IETA semanal	0,59
						IETA mensal	0,60
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/mai	0,00	0,61	0,9	124	157	137	0,54
2/mai	0,00	0,60	0,9	150	157	159	0,64
3/mai	0,56	0,72	0,9	152	157	157	0,46
4/mai	0,60	0,73	0,9	141	157	156	0,38
5/mai	0,60	0,88	0,9	150	157	156	0,89
						IETA semanal	0,51
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
7/mai	0,59	0,93	0,9	145	157	150	1,01
8/mai	0,71	0,92	0,9	149	157	151	1,04
10/mai	0,62	0,86	0,9	139	157	145	0,78
11/mai	0,61	0,87	0,9	140	157	151	0,79
12/mai	0,00	0,89	0,9	151	157	152	0,95
						IETA semanal	0,85
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
15/mai	0,60	0,86	0,9	143	157	159	0,78
16/mai	0,63	0,92	0,9	148	157	163	1,02
17/mai	0,61	0,74	0,9	150	157	167	0,43
18/mai	0,60	0,86	0,9	142	157	165	0,79
19/mai	0,62	0,88	0,9	146	157	160	0,87
20/mai	0,73	0,86	0,9	147	157	165	0,70
						IETA semanal	0,64
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
21/mai	0,72	0,89	0,9	147	157	158	0,89
22/mai	0,61	0,86	0,9	150	157	165	0,83
23/mai	0,59	0,91	0,9	144	157	171	0,96
24/mai	0,00	0,74	0,9	144	157	162	0,75
25/mai	0,00	0,57	0,9	141	157	152	0,57
						IETA semanal	0,56
						IETA mensal	0,56
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/jun	0,73	0,86	0,9	140	157	147	0,69
2/jun	0,72	0,89	0,9	148	157	151	0,89
3/jun	0,71	0,86	0,9	145	157	156	0,75
4/jun	0,00	0,78	0,9	146	157	156	0,80
5/jun	0,00	0,65	0,9	142	157	168	0,65

Continuação...

6/jun	0,00	0,75	0,9	147	157	161	0,79
7/jun	0,00	0,64	0,9	143	157	170	0,65
						IETA semanal	0,62

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/jun	0,58	0,76	0,9	136	157	163	0,48
9/jun	0,61	0,77	0,9	141	157	162	0,49
10/jun	0,00	0,61	0,9	141	157	172	0,61
11/jun	0,00	0,78	0,9	119	157	181	0,66
12/jun	0,56	0,72	0,9	152	157	174	0,47
13/jun	0,60	0,73	0,9	155	157	171	0,41
14/jun	0,62	0,86	0,9	148	157	178	0,80
						IETA semanal	0,53

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
15/jun	0,61	0,86	0,9	142	157	177	0,78
16/jun	0,59	0,87	0,9	149	157	172	0,84
17/jun	0,60	0,86	0,9	146	157	180	0,80
18/jun	0,61	0,86	0,9	146	157	184	0,80
19/jun	0,00	0,75	0,9	143	157	180	0,76
20/jun	0,00	0,64	0,9	142	157	180	0,64
21/jun	0,55	0,70	0,9	140	157	169	0,38
						IETA semanal	0,59

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
22/jun	0,59	0,89	0,9	134	157	174	0,82
23/jun	0,00	0,73	0,9	147	157	169	0,76
24/jun	0,60	0,86	0,9	145	157	170	0,81
25/jun	0,61	0,90	0,9	150	157	170	0,95
26/jun	0,61	0,86	0,9	148	157	169	0,82
27/jun	0,60	0,89	0,9	149	157	173	0,91
28/jun	0,58	0,86	0,9	149	157	166	0,83
29/jun	0,71	0,88	0,9	141	157	167	0,81
30/jun	0,60	0,91	0,9	147	157	157	0,96
						IETA semanal	0,73

IETA mensal	0,60
-------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/jul	0,61	0,86	0,9	147	157	160	0,81
2/jul	0,60	0,86	0,9	146	157	158	0,82
Continuação...							
3/jul	0,70	0,86	0,9	147	157	158	0,74
4/jul	0,70	0,86	0,9	146	157	166	0,75
5/jul	0,73	0,93	0,9	143	157	168	1,10
6/jul	0,70	0,86	0,9	138	157	170	0,72
7/jul	0,71	0,87	0,9	141	157	167	0,74
						IETA semanal	0,73

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/jul	0,71	0,89	0,9	142	157	170	0,86

Continuação...

9/jul	0,70	0,86	0,9	141	157	169	0,73
10/jul	0,73	0,89	0,9	139	157	157	0,82
12/jul	0,73	0,89	0,9	137	157	138	0,81
13/jul	0,74	0,86	0,9	134	157	140	0,66
14/jul	0,00	0,88	0,9	142	157	190	0,89
15/jul	0,54	0,80	0,9	144	157	183	0,67
						IETA semanal	0,74

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/jul	0,00	0,66	0,9	145	157	179	0,68
17/jul	0,54	0,68	0,9	144	157	169	0,36
18/jul	0,62	0,78	0,9	149	157	163	0,55
19/jul	0,59	0,79	0,9	143	157	150	0,58
20/jul	0,62	0,87	0,9	141	157	159	0,81
21/jul	0,62	0,86	0,9	146	157	161	0,81
22/jul	0,62	0,75	0,9	143	157	168	0,43
						IETA semanal	0,36

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
23/jul	0,59	0,86	0,9	145	157	164	0,80
24/jul	0,60	0,91	0,9	143	157	164	0,95
25/jul	0,56	0,85	0,9	142	157	160	0,77
26/jul	0,60	0,91	0,9	141	157	165	0,94
27/jul	0,70	0,85	0,9	133	157	163	0,64
28/jul	0,59	0,86	0,9	146	157	173	0,81
29/jul	0,60	0,66	0,9	148	157	166	0,21
30/jul	0,57	0,86	0,9	143	157	170	0,80
31/jul	0,61	0,85	0,9	144	157	156	0,77
						IETA semanal	0,60

IETA mensal **0,60**

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/ago	0,00	0,88	0,9	146	157	172	0,92
2/ago	0,61	0,86	0,9	144	157	158	0,79
3/ago	0,71	0,87	0,9	140	157	168	0,74
4/ago	0,63	0,80	0,9	147	157	165	0,58
5/ago	0,59	0,89	0,9	138	157	174	0,86
6/ago	0,59	0,86	0,9	142	157	179	0,78
7/ago	0,59	0,86	0,9	147	157	190	0,83
						IETA semanal	0,76

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/ago	0,59	0,89	0,9	147	157	175	0,90
9/ago	0,70	0,88	0,9	146	157	179	0,83
10/ago	0,70	0,86	0,9	136	157	175	0,71
11/ago	0,71	0,76	0,9	144	157	168	0,24
12/ago	0,57	0,91	0,9	144	157	169	0,94
13/ago	0,61	0,85	0,9	147	157	174	0,79
14/ago	0,60	0,87	0,9	150	157	175	0,85
15/ago	0,70	0,89	0,9	147	157	178	0,89
						IETA semanal	0,69

Continuação...							
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/ago	0,71	0,87	0,9	148	157	176	0,78
17/ago	0,71	0,88	0,9	141	157	180	0,81
18/ago	0,71	0,88	0,9	149	157	181	0,86
19/ago	0,60	0,89	0,9	148	157	181	0,92
20/ago	0,59	0,89	0,9	149	157	188	0,91
21/ago	0,60	0,86	0,9	149	157	190	0,84
						IETA semanal	0,83

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
22/ago	0,59	0,93	0,9	152	157	195	1,08
23/ago	0,60	0,87	0,9	148	157	198	0,83
						IETA semanal	0,86
						IETA mensal	0,72

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/set	0,71	0,93	0,9	144	157	182	1,05
2/set	0,61	0,87	0,9	146	157	191	0,82
4/set	0,71	0,85	0,9	149	157	199	0,71
5/set	0,70	0,86	0,9	147	157	203	0,73
6/set	0,71	0,86	0,9	143	157	196	0,74
7/set	0,71	0,86	0,9	141	157	199	0,73
						IETA semanal	0,73

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/set	0,70	0,89	0,9	143	157	212	0,84
9/set	0,71	0,86	0,9	146	157	197	0,73
10/set	0,59	0,88	0,9	141	157	198	0,83
11/set	0,56	0,91	0,9	148	157	171	0,97
12/set	0,61	0,90	0,9	148	157	169	0,96
13/set	0,60	0,90	0,9	144	157	171	0,93
14/set	0,70	0,86	0,9	138	157	176	0,72
						IETA semanal	0,82

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
15/set	0,00	0,89	0,9	145	157	162	0,91
16/set	0,60	0,90	0,9	140	157	174	0,89
17/set	0,63	0,93	0,9	141	157	173	1,00
19/set	0,60	0,89	0,9	146	157	178	0,91
20/set	0,70	0,87	0,9	148	157	181	0,78
21/set	0,60	0,86	0,9	139	157	191	0,78

Continuação...							
22/set	0,60	0,89	0,9	148	157	176	0,91
						IETA semanal	0,82

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
23/set	0,60	0,86	0,9	148	157	195	0,82
24/set	0,70	0,89	0,9	151	157	198	0,89
25/set	0,60	0,85	0,9	146	157	192	0,76
26/set	0,60	0,88	0,9	145	157	185	0,88
27/set	0,60	0,86	0,9	142	157	186	0,79

Continuação...

28/set	0,59	0,86	0,9	141	157	192	0,79
29/set	0,58	0,89	0,9	144	157	189	0,88
30/set	0,00	0,56	0,9	125	157	185	0,49

IETA semanal	0,55
--------------	-------------

IETA mensal	0,68
-------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/out	0,00	0,69	0,9	159	157	187	0,78
2/out	0,52	0,71	0,9	149	157	179	0,47
3/out	0,58	0,88	0,9	152	157	189	0,90
4/out	0,59	0,86	0,9	156	157	193	0,86
5/out	0,60	0,86	0,9	144	157	196	0,80
6/out	0,59	0,79	0,9	144	157	201	0,59
7/out	0,58	0,86	0,9	147	157	204	0,82

IETA semanal	0,61
--------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
8/out	0,59	0,89	0,9	148	157	208	0,90
9/out	0,00	0,72	0,9	141	157	148	0,72
10/out	0,00	0,63	0,9	145	157	196	0,65
11/out	0,00	0,63	0,9	151	157	188	0,67
12/out	0,59	0,73	0,9	140	157	188	0,41
13/out	0,00	0,74	0,9	144	157	185	0,76
14/out	0,58	0,78	0,9	149	157	187	0,61
15/out	0,59	0,85	0,9	153	157	196	0,83

IETA semanal	0,60
--------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/out	0,59	0,86	0,9	151	157	199	0,83
17/out	0,59	0,86	0,9	150	157	206	0,82
18/out	0,59	0,86	0,9	153	157	196	0,86
19/out	0,60	0,86	0,9	143	157	200	0,80
20/out	0,00	0,89	0,9	118	157	201	0,74
21/out	0,59	0,84	0,9	142	157	195	0,74
22/out	0,60	0,86	0,9	145	157	193	0,82

IETA semanal	0,79
--------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
23/out	0,60	0,87	0,9	147	157	199	0,83
24/out	0,59	0,85	0,9	150	157	203	0,80
25/out	0,59	0,87	0,9	143	157	210	0,81
26/out	0,00	0,86	0,9	138	157	204	0,84
27/out	0,00	0,66	0,9	128	157	214	0,60

Continuação...

30/out	0,58	0,73	0,9	141	157	233	0,43
31/out	0,59	0,86	0,9	135	157	206	0,75

IETA semanal	0,62
--------------	-------------

IETA mensal	0,62
-------------	-------------

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/nov	0,60	0,85	0,9	155	157	203	0,84

Anexo 4

Valores do IETA diários e semanais referentes aos meses de abril, maio, junho e primeira semana de julho do ano de 2005.

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
2/abr	0,70	0,91	0,9	125	157	151	0,83
5/abr	0,60	0,87	0,9	150	157	151	0,86
6/abr	0,71	0,73	0,9	146	157	155	0,11
IETA semanal							0,45

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
9/abr	0,59	0,89	0,9	152	157	156	0,93
10/abr	0,68	0,88	0,9	152	157	158	0,87
11/abr	0,62	0,90	0,9	150	157	152	0,96
13/abr	0,63	0,89	0,9	142	157	145	0,88
IETA semanal							0,89

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
16/abr	0,76	0,86	0,9	151	157	152	0,65
17/abr	0,60	0,86	0,9	152	157	154	0,85
18/abr	0,72	0,88	0,9	149	157	159	0,85
19/abr	0,70	0,85	0,9	138	157	156	0,69
20/abr	0,60	0,86	0,9	132	157	158	0,73
21/abr	0,00	0,86	0,9	131	157	151	0,80
IETA semanal							0,78

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
25/abr	0,58	0,90	0,9	150	157	164	0,94
26/abr	0,59	0,86	0,9	156	157	164	0,86
27/abr	0,56	0,73	0,9	147	157	167	0,45
28/abr	0,00	0,86	0,9	144	157	166	0,88
29/abr	0,00	0,55	0,9	140	157	169	0,55
30/abr	0,00	0,68	0,9	146	157	170	0,70
IETA semanal							0,59

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
1/mai	0,00	0,61	0,9	124	157	137	0,54
2/mai	0,00	0,60	0,9	150	157	159	0,64
3/mai	0,56	0,72	0,9	152	157	157	0,46
4/mai	0,60	0,73	0,9	141	157	156	0,38
5/mai	0,60	0,88	0,9	150	157	156	0,89
IETA semanal							0,51

Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA
7/mai	0,59	0,93	0,9	145	157	150	1,01
8/mai	0,71	0,92	0,9	149	157	151	1,04
10/mai	0,62	0,86	0,9	139	157	145	0,78
11/mai	0,61	0,87	0,9	140	157	151	0,79
12/mai	0,00	0,89	0,9	151	157	152	0,95

							IETA semanal	0,85
Continuação...								
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
15/mai	0,60	0,86	0,9	143	157	159	0,78	
16/mai	0,63	0,92	0,9	148	157	163	1,02	
17/mai	0,61	0,74	0,9	150	157	167	0,43	
18/mai	0,60	0,86	0,9	142	157	165	0,79	
19/mai	0,62	0,88	0,9	146	157	160	0,87	
20/mai	0,73	0,86	0,9	147	157	165	0,70	
							IETA semanal	0,64
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
21/mai	0,72	0,89	0,9	147	157	158	0,89	
22/mai	0,61	0,86	0,9	150	157	165	0,83	
23/mai	0,59	0,91	0,9	144	157	171	0,96	
24/mai	0,00	0,74	0,9	144	157	162	0,75	
25/mai	0,00	0,57	0,9	141	157	152	0,57	
							IETA semanal	0,56
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
1/jun	0,61	0,90	0,9	201	157	455	1,29	
2/jun	0,70	0,89	0,9	147	157	226	0,91	
3/jun	0,67	0,73	0,9	150	157	166	0,25	
4/jun	0,69	0,89	0,9	153	157	169	0,93	
5/jun	0,74	0,89	0,9	158	157	165	0,93	
6/jun	0,66	0,87	0,9	149	157	162	0,82	
7/jun	0,73	0,89	0,9	161	157	171	0,97	
							IETA semanal	0,69
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
8/jun	0,58	0,76	0,9	136	157	163	0,48	
9/jun	0,61	0,77	0,9	141	157	162	0,49	
10/jun	0,00	0,61	0,9	141	157	172	0,61	
11/jun	0,00	0,78	0,9	119	157	181	0,66	
12/jun	0,56	0,72	0,9	152	157	174	0,47	
13/jun	0,60	0,73	0,9	155	157	171	0,41	
14/jun	0,62	0,86	0,9	148	157	178	0,80	
							IETA semanal	0,53
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
15/jun	0,61	0,86	0,9	142	157	177	0,78	
16/jun	0,59	0,87	0,9	149	157	172	0,84	
17/jun	0,60	0,86	0,9	146	157	180	0,80	
18/jun	0,61	0,86	0,9	146	157	184	0,80	
19/jun	0,00	0,75	0,9	143	157	180	0,76	
20/jun	0,00	0,64	0,9	142	157	180	0,64	
21/jun	0,55	0,70	0,9	140	157	169	0,38	
							IETA semanal	0,59
Dia	Q _E	Q _S	Q _N	V _S (x10 ³)	V _N (x10 ³)	V _E (x10 ³)	IETA	
22/jun	0,59	0,89	0,9	134	157	174	0,82	
23/jun	0,00	0,73	0,9	147	157	169	0,76	
24/jun	0,60	0,86	0,9	145	157	170	0,81	
25/jun	0,61	0,90	0,9	150	157	170	0,95	
26/jun	0,61	0,86	0,9	148	157	169	0,82	

Continuação...

27/jun	0,60	0,89	0,9	149	157	173	0,91
28/jun	0,58	0,86	0,9	149	157	166	0,83
29/jun	0,71	0,88	0,9	141	157	167	0,81
30/jun	0,60	0,91	0,9	147	157	157	0,96
						IETA semanal	0,73

Dia	Q_E	Q_S	Q_N	V_S (x10³)	V_N (x10³)	V_E (x10³)	IETA
1/jul	0,61	0,86	0,9	147	157	160	0,81
2/jul	0,60	0,86	0,9	146	157	158	0,82
3/jul	0,70	0,86	0,9	147	157	158	0,74
4/jul	0,70	0,86	0,9	146	157	166	0,75
5/jul	0,73	0,93	0,9	143	157	168	1,10
6/jul	0,70	0,86	0,9	138	157	170	0,72
7/jul	0,71	0,87	0,9	141	157	167	0,74
						IETA semanal	0,73